

Janne Hyväri

SIEMENSIN KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2014

SIEMENSIN KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Hyväri, Janne
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2014
Ohjaaja: Tuomela, Jorma
Sivumäärä: 41
Liitteitä: 3

Asiasanat: kiinteistöautomaatio, ilmanvaihtojärjestelmä, logiikkaohjelmointi, XWorks Plus, LVI

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä Satakunnan ammattikorkeakoululle hankitun Siemensin kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimintoihin, sekä luoda logiikkaohjelma ohjaamaan opiskelijatyönä toteutettua, kahden huoneen ilmanvaihtojärjestelmää kuvaavaa harjoitusmallia. Lisäksi järjestelmään liitettiin erillinen Siemensin valmistama käyttöpäätte, jolla pystytään tarkkailemaan järjestelmän toimintaa sekä säätämään asetusarvoja. Laitteisto sijaitsee Satakunnan ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion tiloissa.

Työ aloitettiin perehtymällä käytettävään laitteistoon ja ohjelmistoon, jona toimi XWorks Plus -niminen ohjelmaympäristö. Perehtymisen jälkeen määriteltiin tiettyjä vaatimuksia harjoitusmallin toiminnalle, jotta se vastaisi mahdollisimman hyvin oikeaa ilmanvaihtojärjestelmää. Tämän jälkeen aloitettiin varsinaisen logiikkaohjelman ohjelmointi, joka oli työn haastavin ja eniten aikaa vievä osa-alue. Logiikkaohjelman valmistuttua sitä testattiin simuloimalla sekä harjoitusmallin avulla. Lopuksi käyttöpäätte liitettiin osaksi järjestelmää.

Koska kyseessä on liikuteltavissa oleva harjoitusmalli, se ei vastaa täysin oikeaa ilmanvaihtojärjestelmää, jonka kiertoilmana toimii ulkoilma. Tämä otettiin huomioon myös vaatimuksia määritettäessä sekä logiikkaohjelmaa tehdessä. Harjoitusmalli on kuitenkin erittäin havainnollinen kuvaamaan kahden huoneen ilmanvaihtojärjestelmää, sen kanavointia, anturointia sekä toimilaitteiden asettelua ja toimintaa.

Työn kirjallisessa osuudessa esitellään käytetty laitteisto, selvitetään logiikkaohjelmoinnin aloittamiseen ja ohjelmiston käyttöön liittyviä toimenpiteitä, esitellään työssä toteutetun logiikkaohjelman osat ja toiminnallisuudet, käydään läpi ohjelman testausmahdollisuudet, sekä esitellään käyttöpäätteen tärkeimmät toiminnot. Työssä käytettyä järjestelmäkokonaisuutta on tulevaisuudessa tarkoitus käyttää kiinteistöautomaation opiskeluun erilaisten harjoitus- ja laboratoriotöiden avulla niin automaatio-, sähkö- kuin LVI-tekniikan opiskelijoiden toimesta.

COMMISSIONING OF SIEMENS BUILDING AUTOMATION SYSTEM

Hyväri, Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

December 2014

Supervisor: Tuomela, Jorma

Number of pages: 41

Appendices: 3

Keywords: building automation, heating and ventilation system, logic programming, XWorks Plus, HVAC

The purpose of this thesis was to get acquainted with actions used in Siemens building automation system purchased by Satakunta University of Applied Sciences, and to create a logic program to control the functions of the training model presenting heating and ventilation system of two rooms. The training model was implemented by HVAC technology student. Also separated operation panel, which helps user to monitor systems behavior and control set point values, was connected to the automation station. System is located in the electrical engineering laboratories of Satakunta University of Applied Sciences.

The beginning of thesis included familiarization with the system and used program, which is called XWorks Plus. After familiarization prerequisites were defined to the system to meet the requirements of a real heating and ventilation system as well as possible. After definition the logic programming was began and it was the most challenging and time taking part. After finishing logic programming the program was tested by simulator and training model. At the end the operation panel was connected to the system.

Because the training model is moveable, it can't completely meet the requirements of the real heating and ventilation system, which recycles outside air. This was taken into account when defining prerequisites and programming logic program. The training model, however, is very illustrative to present the HVAC system, its ducting, sensor wiring, actuator assembling and functions.

The theoretical part of thesis includes presentation of used appliances, procedures done before logic programming, presentation of parts and functions carried out in the final logic program, testing possibilities of logic program and instructions of using operation panel's main actions. System is going to be used to help studying building automation with different practical works and laboratory exercises by automation, electrical and HVAC engineering students.

TERMIT JA LYHENTEET

HVAC	Heating, ventilating and air conditioning, ilmanvaihtojärjestelmä
Ethernet	Lähiverkko
CFC	XWorks Plus -ohjelmistoon kuuluva, logiikkaohjelmointiin tarkoitettu ohjelma
D-MAP	CFC:n käyttämä ohjelmointikieli
I/O	Input / Output, tulo- ja lähtöliitännät
STEP7	Siemensin teollisuuteen suunniteltu ohjelmointiympäristö
FC	Function, toiminto ilman sisäistä muistia
FB	Function Block, toimilohko sisäisellä muistilla
PID-säädin	Proportional-integral-derivative, säätötekniikan perussäädin
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
CO2	Hiilidioksidi
Valvira	Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto
Ppm	Parts per million, miljoonasosa
Pa	Pascal, paineen mittayksikkö
BO	Binary Output, binäärinen (digitaalinen) lähtö
AO	Analog Output, analoginen lähtö

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	JÄRJESTELMÄN OSIEN ESITTELY.....	8
2.1	HVAC-harjoitusmalli.....	8
2.2	Desigo PX Modular with TX-I/O logiikka ja simulointitaulu	9
2.3	PXM20-E käyttöpääte.....	10
2.4	Tietokone ja ohjelmisto.....	10
2.4.1	Project Manager.....	10
2.4.2	Network Configurator	11
2.4.3	CFC	11
3	TYÖN ALOITUSTOIMENPITEET	11
3.1	Järjestelmään ja ohjelmistoon perehtyminen	11
3.2	Toteutuksen vaatimusten määrittely	13
3.3	Tulojen ja lähtöjen määrittäminen projektiin.....	13
3.4	Ohjelman lataaminen logiikkaan	15
4	VARSINAISEN OHJELMAN TOTEUTUS	16
4.1	Ensimmäisen huoneen ilmanvaihdon ohjaus	16
4.2	Toisen huoneen ilmanvaihdon ohjaus.....	18
4.3	Hiilidioksidipitoisuuksien valvonta	19
4.4	Paineiden valvonta	21
4.5	Kanavapuhaltimien ohjaus.....	22
4.6	Liiketunnistimien signaalien hallinta	23
4.7	Järjestelmän tilojen hallinta	26
4.8	Lämmittimen ylikuumenemisen hälytys.....	27
4.9	Havaintoja ja ongelmatilanteita	28
4.9.1	Toisen huoneen virtaussäädinten paluutieto.....	29
4.9.2	Toimilohkokirjastojen lisäys CFC:hen.....	30
4.9.3	Valmiiden projektien muokkaaminen	31
5	LOGIIKKAOHJELMAN TESTAAMINEN	31
5.1	Sisäänrakennettu simulointiympäristö	31
5.2	Simulointitaulu.....	32
5.3	Testaus fyysisellä laitteistolla	33
6	KÄYTTÖPÄÄTTEEN KÄYTTÖÖNOTTO JA TOIMINNOT	34
6.1	Käytön aloitus	35
6.2	Tulojen ja lähtöjen tarkastelu ja ohjaus	36
6.3	Trendien luominen ja tarkastelu.....	37
6.4	Hälytysten kuittaus.....	39

7 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	41
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Satakunnan ammattikorkeakoululle opetustarkoitukseen hankitun kiinteistöautomaatiojärjestelmän käyttöönottoon vaaditut toimenpiteet, sekä luoda logiikkaohjelma opiskelijatyönä toteutetulle, kahden huoneen ilmanvaihtojärjestelmää kuvaavalle harjoitusmallille. Kyseinen järjestelmä on ensimmäinen laatuaan Satakunnan ammattikorkeakoulussa, ja tämä opinnäyteyö onkin tarkoitettu tukemaan kiinteistöautomaation opiskelua tulevaisuudessa.

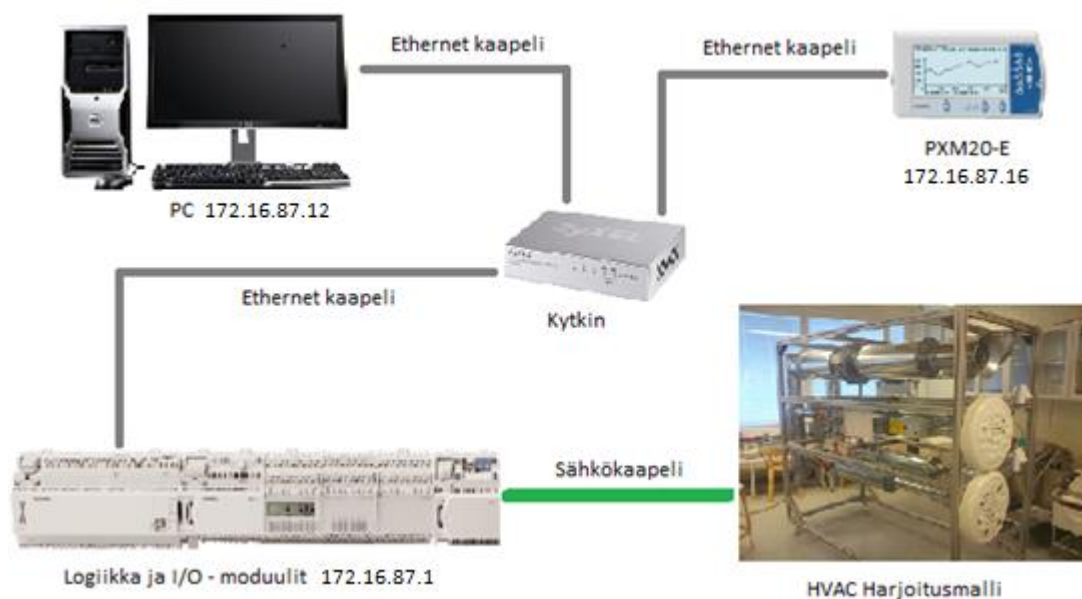
Opinnäytetyössä lähdettiin liikkeelle perehtymällä käytettävään laitteistoon ja ohjelmistoon, sekä testaamalla jo tehdyt kytkennät harjoitusmallin ja logiikan välillä. Tämän jälkeen harjoitusmallin toiminnalle määriteltiin keskeisiä vaatimuksia, jotta sen toiminta vastaisi mahdollisimman hyvin oikeaa ilmanvaihtojärjestelmää. Koska kyseessä on liikuteltava harjoitusmalli, sillä on tiettyjä rajoituksia verrattuna oikeaan ilmanvaihtojärjestelmään. Nämä rajoitukset otettiin huomioon myös logiikkaohjelmaa toteutettaessa.

Vaatimusten määrittelyn jälkeen aloitettiin itse logiikkaohjelmointi, joka oli opinnäytetyön haastavin osa-alue. Logiikkaohjelman valmistuttua sen toimintoja testattiin ensin ohjelmoinnissa käytetyn ohjelmiston simulointiympäristöllä, ja tämän jälkeen harjoitusmallin avulla. Lopuksi laitteistoon kuuluva käyttöpääte liitettiin osaksi järjestelmää.

Tässä raportissa esitellään käytettyyn järjestelmään kuuluvat laitteet sekä logiikkaohjelmoinnissa käytetty ohjelmisto, kerrotaan työn aloitukseen liittyvistä toimenpiteistä, esitellään toteutetun ohjelman toiminnot ja sen testausmahdollisuudet, sekä annetaan ohjeita ja vinkkejä ohjelmiston käyttöön ja ohjelmointiin liittyviin toimenpiteisiin. Työn tilaajana toimi Satakunnan ammattikorkeakoulu.

2 JÄRJESTELMÄN OSIEN ESITTELY

Työssä käytettävään järjestelmäkokonaisuuteen kuuluu 4 erillistä laitetta, jotka ovat yhteydessä toisiinsa (Kuva 1). Näitä ovat HVAC Harjoitusmalli, Desigo PX Modular with TX-I/O -logiikka ja simulointitaulu, PXM20-E käyttöpääte, sekä tietokone joka sisältää käytettävän ohjelmiston.



Kuva 1. Laitteiden kytkennät ja IP-osoitteet

2.1 HVAC-harjoitusmalli

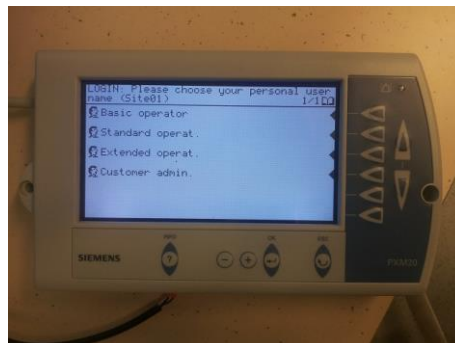
Harjoitusmalli on opiskelijapohjaisesti toteutettu fyysinen kokonaisuus, joka kuvastaa kahden huoneen ilmanvaihtojärjestelmää (Kuva 2). Sillä voidaan testata logiikalle kirjoitettuja ohjelmia käytännössä. Mallista löytyy 6 paineanturia, 6 paineenilmaisinta (4 digitaalista ja 2 analogista), 4 virtaussäädintä, 2 manuaalista venttiiliä, 2 kanavapuhallinta, 1 lämmitin, 2 lämpötila- + hiilidioksidianturia, sekä 2 liiketunnistinta. Komponenttien liitännät on koottu yhteen liitännäkoteloiissa, joista ne johdetaan logiikalle sähkökaapeleita pitkin. Harjoitusmallin kyt-



Kuva 2. HVAC-harjoitusmalli

2.3 PXM20-E käyttöpääte

Siemensin kehittämä käyttöpääte, joka on tarkoitettu kiinteistöautomaatiojärjestelmän yhden tai useamman automaatioyksikön tulo- ja lähtöarvojen tarkasteluun ja ohjaukseen (Kuva 5). Päätteellä voi kuitata järjestelmässä aiheutuneita hälytyksiä, sekä katsella erilaisia trendikäyriä niin historiassa kuin reaaliajassa. Päätteelle voi myös asettaa tiettyjä viikko- ja kuukausiohjelmiä järjestelmän toimintaan liittyen. Pääteen käyttöliittymästä on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertainen, koska se on tarkoitettu niin sanotuksi sisäyksiköksi kiinteistöautomaatiojärjestelmän ohjaukseen. Päätteessä on selkeät painikkeet ja valikot, sekä infopainike ongelmatilanteita varten. Päätteelle voi määrittää useita eri käyttäjiä, joiden käyttöoikeuksia voi rajata salasanojen avulla. Pääte on kytketty järjestelmään Ethernet-kaapelilla.



Kuva 5. PXM20-E käyttöpääte

2.4 Tietokone ja ohjelmisto

Tietokone sisältää XWorks Plus -nimisen ohjelmiston, jolla logiikkaohjelmointi suoritetaan. Ohjelmisto sisältää useita eri aliohjelmia, joista tässä työssä käytettiin kolmea tärkeintä.

2.4.1 Project Manager

Aloitustyökalu jota käytetään projektien luomiseen ja hallintaan, ja josta pääsee navigoimaan muihin aliohjelmiin. Manageri näyttää tietoja eri projekteista, ja sillä on mahdollista leikata, liittää ja kopioida dataa projektien välillä. Projektien kansionäkymä on Windows-tyyppinen, joten se on tuttu useimmille käyttäjille. (DESIGO XWORKS Plus User Guide n.d., 3.)

2.4.2 Network Configurator

Ohjelma yhteyden luomiseen ja konfigurointiin PC:n ja logiikan välille. Ohjelmalla toteutetaan myös uusien automaatioasemien sekä ohjainten (esimerkiksi PXM20-E käyttöpääte) lisäys projekteihin, (DESIGO XWORKS Plus User Guide n.d., 3.)

2.4.3 CFC

Tällä ohjelmalla suoritetaan itse logiikkaohjelmointi. Ohjelmointikielenä toimii D-MAP-ohjelmointikieli, joka perustuu valmiiden toimilohkojen määrittämiseen ja yhdistämiseen. Ohjelmasta löytyy muun muassa Offline-simulointityökalu, Online-testaustila sekä hälytysten ja trendien näyttö (DESIGO XWORKS Plus User Guide n.d., 3).

3 TYÖN ALOITUSTOIMENPITEET

Ennen ohjelmoinnin aloittamista suoritettiin muutamia toimenpiteitä, jotka edesauttoivat varsinaista logiikkaohjelmointia. Aluksi perehdyttiin käytettävään järjestelmään, siihen kuuluvaan oheismateriaaliin sekä CFC:n perustoimintoihin. Tämän jälkeen suoritettiin uuden projektin aloittamiseen liittyvät toimenpiteet, jotka olivat tulojen ja lähtöjen määrittely logiikkaohjelmaan sekä ohjelman lataaminen logiikkaan.

3.1 Järjestelmään ja ohjelmistoon perehtyminen

Järjestelmään perehtyminen aloitettiin käymällä läpi käytettävät laitteet ohjaajan kanssa. Ohjaaja antoi taustatietoa harjoitusmallin toiminnasta, siitä löytyvistä antureista ja toimilaitteista, logiikasta ja sen eri moduuleista sekä liitännöistä logiikan ja harjoitusmallin välillä. Oheismateriaaliin kuului kansio joka sisälsi tietoa logiikan eri osista, toiminnoista ja asennuksesta, ohjelmoinnissa käytettävän ohjelmiston käyttöopas, sekä USB-muistitikku, joka sisälsi enemmän ja laajempia ohjeita ohjelmiston

käyttöä varten. Käytyäni oheismateriaalin sisällön läpi, käynnistin tietokoneen ja aloitin perehtymisen käytettävään ohjelmistoon.

Käynnistettäessä XWorks Plus ensimmäisen kerran tai pitkän tauon jälkeen ohjelma käskee käyttäjää määrittelemään polut projektien oletussijainnille sekä niiden arkistoinnille. Päädyin käyttämään C-aseman juuressa olevaa Temp-kansiota. Tämän jälkeen aloitin uuden projektin määrittämisen, johon löytyi ohjeet ohjelman mukana toimitetulta USB-muistitikulta. Kävin vaiheet läpi muutamaan otteeseen, jonka jälkeen koostin selkeytetyt suomenkieliset ohjeet projektin luomisesta kuvineen. Ohje löytyy liitteestä 1. Liite sisältää myös ohjeet Ethernet-yhteyden muodostamiseen PC:n ja logiikan välille.

Projektin määrittämisen ja yhteyden konfiguroinnin jälkeen siirryin käyttämään CFC:tä. Ohjelman käyttämä D-MAP-ohjelmointikieli oli minulle täysin vieras, joten siihen perehtyminen vei aikaa muutamia päiviä. Kun sisäistin ohjelmoinnin perusidean, tulojen ja lähtöjen lisäämisen sekä lohkojen liittämisen toisiinsa, ohjelma osoittautui varsin selkeäksi käyttää. Perusidea on luoda erilaisille toimintakokonaisuuksille kaavioita (Chart), jotka sisältävät valmiiksi ohjelmoituja toimilohkoja (Block). Lohkojen toiminnallisuudet ohjelmoidaan määrittelemällä niille raja-arvoja, mahdollisia hälytyksiä sekä yhdistämällä ne tuloihin ja lähtöihin tai toisiin toimilohkoihin. Toimilohkot vastaavat Siemensin STEP7-ohjelmistossa ohjelmoitavia FC ja FB toimilohkoja sillä erotuksella, että STEP7:ssa lohkojen toiminnallisuus täytyy ohjelmoida itse, kun taas tässä ne ovat valmiiksi ohjelmoituina.

Toimilohkokirjastosta löytyy perinteiset logiikkaportit, laskureita, ajastimia, hälytyksiä, tiedon tallentamiseen ja näyttämisen tarkoitettuja lohkoja sekä varta vasten kiinteistöautomaatiota varten suunniteltuja lohkoja, esimerkiksi PID-säätölohko. Koska kaavioiden tila on rajallinen, ohjelma kannattaa jakaa pienempiin toimintakokonaisuuksiin, jolloin myös ohjelman lukemisesta tulee selkeämpää ja muutosten tekemisestä helpompaa.. Kaavioiden sisällä olevia toimilohkoja on mahdollista yhdistää toisten kaavioiden toimilohkoihin.

Kun olin sisäistänyt ohjelmointikielen toimintaperiaatteen sekä ohjelman perustoinnot, siirryin määrittelemään tulevalle ohjelmalle keskeisiä vaatimuksia, testaa-

maan harjoitusmallin komponentteja tulojen ja lähtöjen määrittelyn yhteydessä sekä suunnittelemaan varsinaista ohjelmatoteutusta.

3.2 Toteutuksen vaatimusten määrittely

Ennen ohjelmoinnin aloittamista järjestelmän toiminnalle määritettiin muutamia vaatimuksia, jotka ohjaisivat ohjelmointia. Alla on listattu keskeiset vaatimukset:

- Molemmille huoneille täytyy asettaa asetuslämpötila ja sitä on voitava säätää helposti
- Huoneiden ilmanvaihtojen toiminnot eivät saa riippua toisistaan, toisin sanoen molemmille huoneille täytyy ohjelmoida omat toiminnallisuudet
- Huoneiden hiilidioksidiarvojen pitää pysyä sallitulla tasolla, raja-arvon ylittyessä hiilidioksidiarvo palautetaan sallitulle tasolle mahdollisimman nopeasti
- Paine kanavissa pyritään pitämään vakiona ja alle raja-arvon, raja-arvon ylityessä paine palautetaan sallitulle tasolle mahdollisimman nopeasti
- Lämmittimen ylikuumenemisesta täytyy aiheutua hälytys, joka käyttäjän täytyy kuitata ennen lämmityksen jatkamista
- Liiketunnistimen havaitessa liikettä huoneessa, huoneen ilmanvaihtoa lisätään

Vaatimukset on määritelty oikean ilmanvaihtojärjestelmän toimintoja silmällä pitäen kuitenkin niin, että huomioitiin myös järjestelmän rajoitukset oikeaan ilmanvaihtojärjestelmään verrattuna.

3.3 Tulojen ja lähtöjen määrittäminen projektiin

Aloittaessani järjestelmän käyttöönoton, laitteisto oli kasattu valmiiksi ja tulot ja lähdöt oli liitetty simulointitauluun ja sitä kautta logiikkaan. Simulointitauluun oli merkitty väliaikaisilla merkinnöillä, mikä tulosignaali tuli mistäkin ja mikä lähtösignaali ohjasi mitäkin toimilaitetta. Päätin kuitenkin varmistua merkintöjen paikkansapitävyydestä sekä muutenkin testata, että signaalit kulkivat toimilaitteilta ja toimilaitteille halutulla tavalla, joten monitoroin jokaista tulosignaalia, sekä koekäytin jokaista toimilaitetta tulojen ja lähtöjen määrittelyn yhteydessä.

Prosessi aloitettiin määrittelemällä projektiin tuloille ja lähdöille jokaiselle oma toimilohko. Järjestelmässä on yhteensä 15 tuloa ja 7 lähtöä, joten päätin jakaa tulot ja lähdöt omiin kaavioihinsa. Järjestelmässä käytetään lähtöinä myös simulointitaulun ledejä. Tulot löytyvät kaaviosta ”CFC1 Inputs” ja lähdöt kaaviosta ”CFC2 Outputs”.

Itse I/O:n määrittäminen projektiin on helppoa. Ohjelman vasemmassa reunassa on katalogi, josta löytyy kaikki käytettävissä olevat toimilohkot. Katalogista vedetään ja pudotetaan haluttu I/O -toimilohko avoimena olevaan kaavioon, jonka jälkeen siirrytään määrittelemään I/O painamalla lohkon päällä hiiren oikeaa painiketta ja valitsemalla ”Edit I/O addresses...”. Tämän voi tehdä minkä toimilohkon päällä tahansa. Näytölle aukeaa I/O-editori, joka sisältää 14 saraketta, joista kuusi ensimmäistä määriteltävissä olevaa kohtaa on määriteltävä jokaisen I/O:n osalta (DESIGO XWORKS Plus User Guide n.d., 10). Tässä toteutuksessa on määriteltä myös muutkin kohdat, jotta saatiin arvot vastaamaan mahdollisimman hyvin oikeita arvoja. Kuvassa 6 esitellään kaikki projektiin määritellyt I/O:t.

	Subsystem	Signal Address	Block Type	Signal type	ModuleType	TD	Short Name	Description	Unit	Min	Max	Slope	Intercept	Polarity
1	T	1.1	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'PD10	PD10	Entry conduct pressure	Pa	0	500	0.1	0	
2	T	1.2	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'PD11	PD11	Room 1 entry pressure	Pa	0	500	0.1	0	
3	T	1.3	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'PD30	PD30	Exit conduct pressure	Pa	0	500	0.1	0	
4	T	1.4	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'PD31	PD31	Room 1 exit pressure	Pa	0	500	0.1	0	
5	T	1.5	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'TE1	TE1	Room 1 Thermometer	°C	0	50	0.005	0	
6	T	1.6	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'CO21	CO21	Room 1 CO2 Sensor	ppm	0	2000	0.2	0	
7	T	1.7	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'TE2	TE2	Room 2 Thermometer	°C	0	50	0.005	0	
8	T	1.8	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'CO22	CO22	Room 2 CO2 Sensor	ppm	0	2000	0.2	0	
9	T	2.1	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'FG31FB	FG31FB	Room 1 exit damper feedback	%	0	100	0.01	0	
10	T	2.2	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'FG32FB	FG32FB	Room 2 exit damper feedback	V	0	10	0.001	0	
11	T	2.3	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'FG11FB	FG11FB	Room 1 entry damper feedback	%	0	100	0.01	0	
12	T	2.4	AI	U10	TXM1.8U-ML	B'FG12FB	FG12FB	Room 2 entry damper feedback	V	-0	10	0.001	0	
13	T	4.6	BI	D20	TXM1.8D	B'LPIALRM	LPIALRM	Heater alarm signal	Off, On					Normal
14	T	4.7	BI	D20	TXM1.8D	B'LO1	LO1	Room 1 movement sensor	Off, On					Normal
15	T	4.8	BI	D20	TXM1.8D	B'LO2	LO2	Room 2 movement sensor	Off, On					Normal
16	T	6.1	BO	Q250	TXM1.6R-M	B'PALLED	PALLED	Pressure alarm LED	Off, On					Normal
17	T	6.2	BO	Q250	TXM1.6R-M	B'HALLED	HALLED	Heater alarm LED	Off, On					Normal
18	T	6.5	BO	Q250	TXM1.6R-M	B'LO1LED	LO1LED	Room 1 presence LED	Off, On					Normal
19	T	6.6	BO	Q250	TXM1.6R-M	B'LO2LED	LO2LED	Room 2 presence LED	Off, On					Normal
20	T	7.1	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'FG31	FG31	Room 1 exit damper	%	0	100	100	0	
21	T	7.2	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'FG32	FG32	Room 2 exit damper	%	0	100	100	0	
22	T	7.3	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'FG11	FG11	Room 1 entry damper	%	0	100	100	0	
23	T	7.4	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'FG12	FG12	Room 2 entry damper	%	0	100	100	0	
24	T	7.5	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'TF1	TF1	Entry/Input fan	%	0	100	100	0	
25	T	7.6	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'PF1	PF1	Exit/Extractor fan	%	0	100	100	0	
26	T	7.7	AO	Y10S	TXM1.8U-ML	B'LPI	LPI	Heater	%	0	100	100	0	

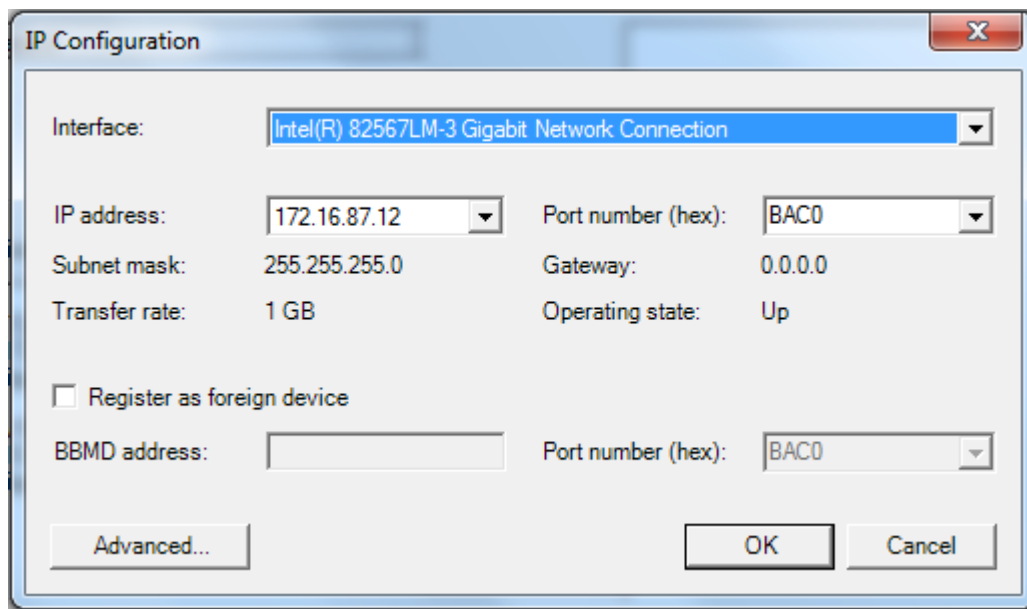
Kuva 6. Projektiin määritetyt tulot ja lähdöt

Kun tulot ja lähdöt oli määriteltä, aloitettiin antureiden ja toimilaitteiden testaus. Tulosten testaus onnistui lataamalla ohjelma logiikkaan ja asettamalla ohjelma Test mode -tilaan, jonka jälkeen logiikalle tulevan arvon pystyi lukemaan lohkon vierestä. Lähtöjen testaus taas onnistui logiikkamoduulien painikkeista. Ohjelman testaus-toimenpiteistä on kerrottu tarkemmin luvussa 5. Pääosin tulo- ja lähtösignaalit toimivat

kuten pitikin, liiketunnistimia ja lämmittimen hälytyssignaalia lukuun ottamatta. Liiketunnistimista on kerrottu lisää luvussa 4.6 ja lämmittimen toiminnasta luvussa 4.8.

3.4 Ohjelman lataaminen logiikkaan

Ohjelman lataaminen logiikkaan tapahtuu lähes samoin kuin STEP7 -ohjelmistossa. Ennen lataamista ohjelman voi tarkistaa virheiltä (Compile), mutta lataustoiminto suorittaa tämän saman toimenpiteen. Valitaan latauspainike (Download) CFC:n työkalupalkista. Jos XWorks Plus ei ole yhteydessä logiikkaan, se kysyy mitä yhteyttä käytetään. Valitaan IP, jonka jälkeen ohjelma käskää määrittämään käytettävän verkkokortin. Valitaan Intel(R) 82567LM-3 Gigabit Network Connection -niminen verkkokortti (Kuva 7) ja painetaan OK. Tämän jälkeen aloitetaan ohjelman lataus logiikkaan Start -painikkeella. Yhteys logiikkaan tarvitsee muodostaa vain kerran, jonka jälkeen se pysyy aktiivisena niin kauan kunnes se katkaistaan. Katkaisu tapahtuu valitsemalla CFC:n CPU-valikosta ”Disconnect Site”. Yhteys täytyy katkaista ja luoda uudelleen eri kohteeseen, jos halutaan vaihtaa esimerkiksi simulointiympäristöstä logiikan käyttöön tai päinvastoin.



Kuva 7. Oikean verkkokortin valinta yhdistettäessä PC logiikkaan

4 VARSINAISEN OHJELMAN TOTEUTUS

Kun tulot ja lähdöt oli liitetty järjestelmään ja testattu toimiviksi, aloitin harjoitusmallia ohjaavan ohjelman toimintojen suunnittelun ja toteutuksen. Sain aika vapaat kädet ohjelman toimintojen määrittelyyn. Ainoana tavoitteena oli, että harjoitusmallilla voisi tulevaisuudessa toteuttaa erilaisia harjoitustöitä niin automaatio- ja sähkötekniikan kuin LVI-tekniikankin opiskelijoiden toimesta. Koska kyseessä on sisäilmaa kierrättävä järjestelmä, sitä on mahdotonta ohjelmoida toimimaan kuten oikea ilmanvaihtojärjestelmä, jossa tuloilmana toimii ulkoilma. Niinpä ohjelman toteutuksessa keskityttiin siihen, että siihen luotiin mahdollisimman paljon erilaisia toiminnallisuuksia kuitenkin niin, että ne vastaisivat oikean ilmanvaihtojärjestelmän toiminnallisuuksia. Ohjelma toteutettiin osissa, jokainen toiminnallisuus erikseen ja toiminnallisuuksia päivitettiin ohjelman kehittyessä.

Lopulliseen toteutukseen tuli yhteensä 9 kaaviota, jotka löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 3. Näistä kaksi on varattu tuloille ja lähdöille ja loput 7 sisältävät eri toiminnallisuuksia. Vaikka toiminnallisuudet pyrittiin toteuttamaan jokainen omassa kaaviossaan, oli joissakin tapauksissa järkevää yhdistää useamman kaavion toteutuksia jonkin tietyn kaavion sisälle. Näin välttyttiin turhilta kaavioilta. Ohjelma rakentui hieman eri järjestyksessä, kuin kaaviot on esitelty, ja kaavioita päivitettiin sekä toiminnallisuuksia lisättiin ohjelman kehittyessä. Tässä raportissa esitellään valmiit kaaviot ja niiden toimintaperiaatteet, sillä se koettiin selkeämmäksi, kuin kertoa työn etenemisestä kronologisessa järjestyksessä.

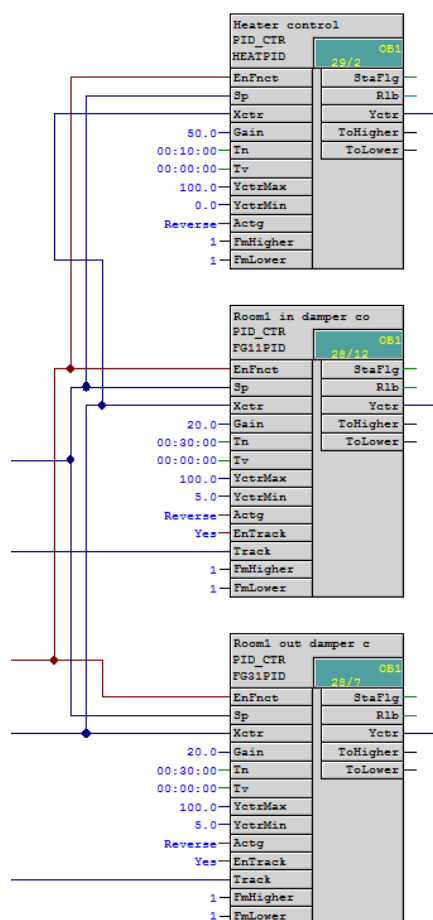
4.1 Ensimmäisen huoneen ilmanvaihdon ohjaus

Ensimmäisen huoneen ilmanvaihtojärjestelmä sisältää kanavat tulo- ja poistoilmalle, joista molemmista löytyy ilmanvirtaussäädin. Kanavien pääputkistoissa on kanavapuhaltimet, jotka huolehtivat riittävästä ilmavirtauksesta kanavissa. Lisäksi tulokanavasta löytyy lämmitin, jonka avulla tuloilmaa saadaan lämmitettyä lämmityksen tehostamiseksi. Huoneessa on lämpötila- ja CO₂-anturi sekä liiketunnistin. Lisäksi huoneen järjestelmästä löytyy paineilmaisimet tulo- ja lähtökanavan paineille ja ne lähettävät saman anturitiedon logiikalle 0–10 voltin jännitetietona. Myös virtaussää-

timet lähettävät logiikalle takaisinkytkentätietona tiedot säätimien asennoista 0–10 voltin jännitetietona. Signaalit on muutettu logiikkaohjelmassa prosenteiksi välillä 0–100 %, koska virtaussäädinten asentoa ohjataan myös prosenttiarvoilla.

Tässä kaaviossa ohjataan huoneen kolmea toimilaitetta: tulo- ja poistoputken virtaus-säätimiä sekä lämmitintä. CFC:stä löytyy tällaisia ohjauksia varten suunniteltu PID-säätölohko, jota on hyödynnetty myös tässä toteutuksessa. PID-säätölohko ohjaa lineaarisesti toimilaitteen toimintaa käyttäjän määritysten mukaisesti. Sille voidaan asettaa arvot vahvistukselle, integrointiaikavakiolle sekä derivointiaikavakiolle. Lisäksi toimilohkoon voidaan liittää takaisinkytkentäsignaali ohjattavalta toimilaitteelta, jota myös hyödynnetään tässä kaaviossa. Muita lohkon kytkettäviä tuloja ovat signaali, joka sallii lohkon toiminnan (EnFnc), Setpoint eli asetuservo (Sp), sekä anturilta tuleva tieto säädettävän suureen, tässä tapauksessa lämpötilan, oloarvosta (Xctr).

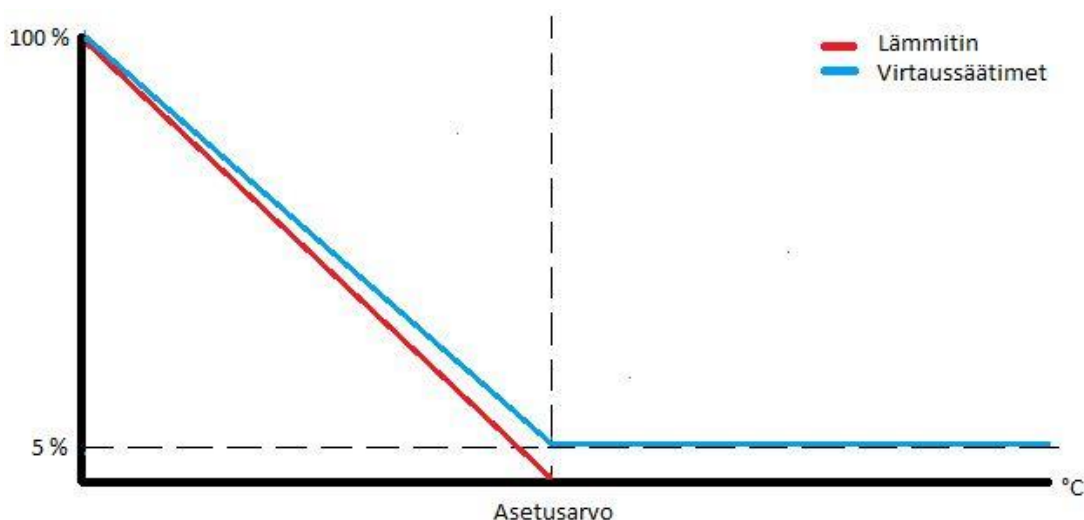
Koska huoneen tulokanavasta löytyy lämmitin, tässä toiminnallisuudessa keskitytään huoneen lämmityksen ohjaukseen. Kaaviosta löytyy kolme PID-säätölohkoa (Kuva 8), joista jokainen ohjaa yhtä toimilaitetta. Lohkojen EnFnc-signaali tulee hiilidioksidipitoisuuksien hallintakaaviosta (luku 4.3), koska siinä määritellään myös eri tilojen priorisointi. Lämpötilan asetuservoa pääsee muuttamaan joko ohjelmassa sille osoitetun lohkon kohdalta, tai helpommin PXM20-E -käyttöpäätteeltä. Xctr-arvo tulee suoraan harjoitusmallissa olevalta lämpötila-anturilta. Lohkoille valittiin arvot vahvistukselle sekä integrointiaikavakiolle taulukosta, joka löytyy ohjelman Help-tiedostosta kyseisen lohkon kohdalta. Vahvistukselle asetettiin arvoksi 20 ja Integrointiaikavakiolle 00:30:00. Derivointiaikavakion arvo jätettiin 0:ksi, koska virtaussäädinten hitauden



Kuva 8. 1. huoneen PID-säätölohkot

vuoksi säädöllä ei ole vaikutusta järjestelmän toimintaan. Virtaussäädinten minimiarvoksi asetettiin 5 %, jotta taattaisiin ilman vaihtuminen huoneessa.

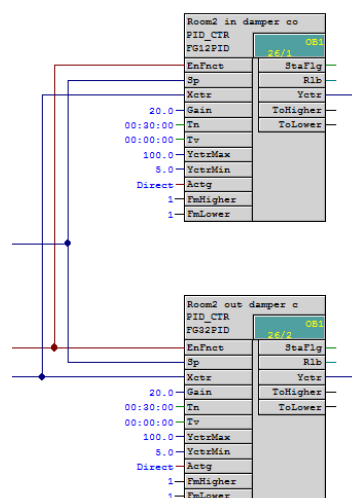
Lohkoista löytyy asetus, jolla valitaan vaikuttaako lohko suoraan vai käänteisesti toimilaitteen toimintaan. Tämän huoneen kohdalla valittiin käänteinen toiminta, eli mitä lähemmäksi haluttua lämpötilaa saavutaan, sitä vähemmän toimilaitetta poikeutetaan normaalitilasta. Kuva 9 kuvastaa toimilaitteiden toimintaa. Lisäksi virtaussäädinten lohkoihin kytkettiin takaisinkytkentäsignaali, joka palauttaa tiedon virtaussäätimen asennosta.



Kuva 9. Lämmittimen ja virtaussäädinten toiminta huoneessa 1

4.2 Toisen huoneen ilmanvaihdon ohjaus

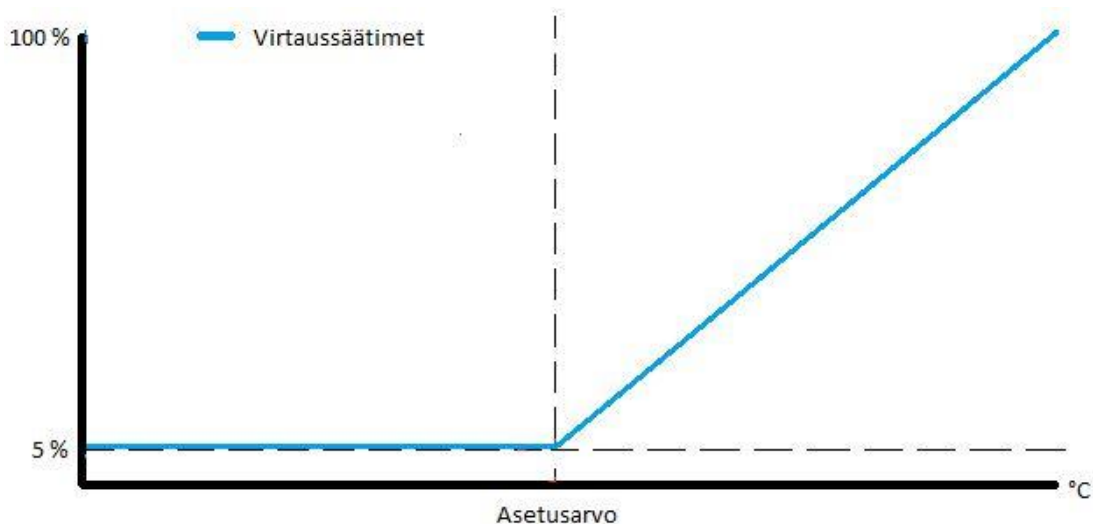
Toisen huoneen ilmanvaihtojärjestelmä sisältää samat komponentit kuin 1. huoneen järjestelmä, lukuun ottamatta lämmitintä. Lisäksi 2. huoneen virtaussäädinten takaisinkytkentäsignaali ei palauta virtaussäädinten asentoa, vaan paineen kanavissa 0–10 voltin jännitesignaalinä. Paluutietoa ei siis voida hyödyntää virtaussäätimiä ohjaavissa toimilohkoissa. Koska huoneesta ei ole lämmitintä, ohjauksessa keskitytään huoneilman jäähdyttämiseen. Kaavio sisältää kaksi PID-säätölohkoa (Kuva 10), joista toinen ohjaa tuloilman-



Kuva 10. 2. huoneen PID-säätölohkot

virtausta ja toinen poistoilmanvirtausta. Toimilohkojen kytkennät ovat samat kuin 1. huoneen kohdalla, mutta tässä huoneessa käytetään luonnollisesti 2. huoneen antureita ja säätimiä. Lisäksi takaisinkytkentäsignaalit on jätetty kokonaan kytkemättä. PID-säätöarvoiksi valittiin samat arvot kuin 1. huoneessa, koska ne todettiin toimiviksi. Tulevaisuuden harjoitustöissä opiskelijat voivat muuttaa säätöarvoja ja tarkkailla järjestelmän käyttäytymistä.

Suurin poikkeavuus huoneen lohkojen konfiguroinnissa verrattuna 1. huoneeseen on, että käytetään suoraa toiminnallisuutta käänteisen sijaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kun lämpötila nousee yli asetusarvon, virtaussäätimet avautuvat lineaarisesti sitä enemmän, mitä kauempana asetusarvosta ollaan. Näin saadaan viilennettyä huoneilmaa tehokkaasti ja järkevästi. Kuva 11 kuvaa virtaussäädinten toimintaa.

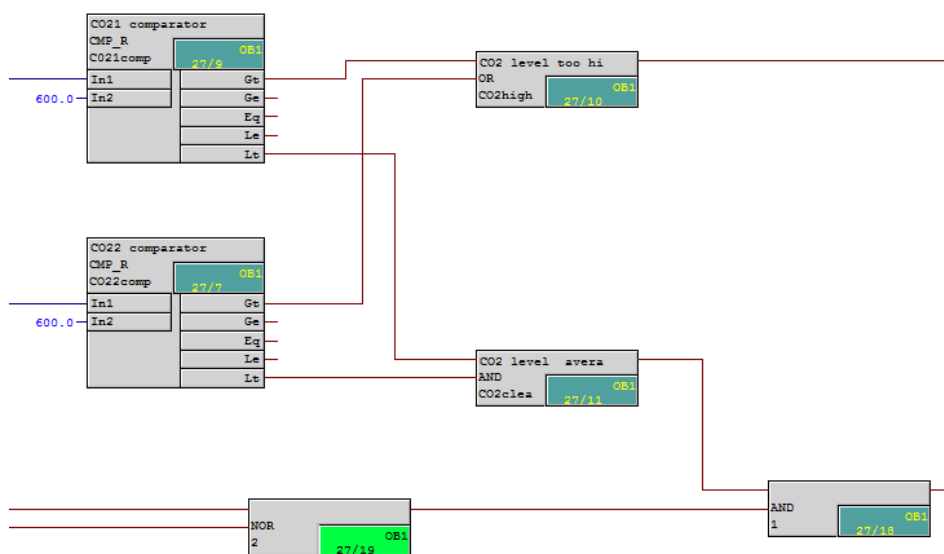


Kuva 11. Virtaussäädinten toiminta huoneessa 2

4.3 Hiilidioksidipitoisuuksien valvonta

Tähän kaavioon on toteutettu hiilidioksidipitoisuuksien valvonta molempien huoneiden osalta. Lisäksi kaaviosta löytyy kytkennät ohjelmassa käytettävien toimintatilojen priorisointiin. Hiilidioksidipitoisuuksien valvonta on toteutettu vertailijoilla (Comparator). Molempien huoneiden CO₂-antureiden signaaleihin on liitetty vertailija, joka vertaa anturilta tulevaa arvoa asetettuun raja-arvoon (Kuva 12). Sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle ei ole määritelty mitään erityistä ohjearvoa, mutta Valviran internetsivuilla on kohta, jossa sanotaan: ”Jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus ylittää

2 700 mg/m³ (1 500 ppm), ilmanvaihto ei ole terveydensuojelulain edellyttämällä tasolla” (Valvira 2014). Lisäksi sivuilla sanotaan, että ” Tyydyttävänä hiilidioksidipitoisuutena sisäilmassa voidaan pitää arvoa 2 160 mg/m³ (1 200 ppm)” (Valvira 2014). Tarkastelin työtä aloittaessani Satakunnan ammattikorkeakoulun laboratoriotilojen hiilidioksidipitoisuuksia ja havaitsin, että tyhjässä tilassa hiilidioksidipitoisuus pysytteli 400–450 ppm:n välillä. Täydessä tilassa hiilidioksidipitoisuus puolestaan nousi lähemmäksi 600 ppm:ää. Voidaan siis sanoa, että hiilidioksidiarvot ovat reilusti alle Valviran asettamien rajojen. Hiilidioksidipitoisuuden raja-arvoksi valittiin 600 ppm ja se on muutettavissa tarpeen mukaan.



Kuva 12. Hiilidioksidipitoisuuksien valvontakaavio

Vertailijoiden jälkeen kaaviosta löytyy ehdot hiilidioksidipitoisuuksien arvoille: jos jommankumman huoneen hiilidioksidipitoisuus nousee yli raja-arvon, järjestelmä kytkee puhaltimet täydelle teholle ja avaa kaikki virtaussäätimet, näin saadaan tuuletettua sisäilmaa mahdollisimman tehokkaasti. Kaavion toiminnallisuus varmistaa myös, että molempien huoneiden hiilidioksidipitoisuus on alle sallittujen rajojen, ennen kuin normaali ilmanvaihto jatkaa toimintaansa. Toisen huoneen hiilidioksidipitoisuuden liiallinen nousu ohjaa siis myös toiselle huoneelle täyden tuuletuksen. Toiminnallisuus olisi voitu toteuttaa molemmille huoneille erikseen, mutta sen koettiin monimutkaistavan ohjelmaa liikaa, koska kyseessä on harjoituskäyttöön tarkoitettu ohjelma.

Kaaviossa on toteutettu myös eri tilojen priorisointi. Ohjelmassa käytettävistä tiloista on kerrottu lisää luvussa 4.7. Tilojen tärkeysjärjestys on seuraava:

1. Hiilidioksidipitoisuuden raja-arvon ylitys
2. Painerajojen ylitys
3. Liiketunnistimen aktivoituminen
4. Normaali ilmanvaihto

Priorisointi on toteutettu yksinkertaisesti Nor ja And -porteilla. Ohjelmassa määritellään, että molempien huoneiden hiilidioksidipitoisuuden pitää olla sallitulla tasolla, eikä painehälytys, eikä kumpikaan liiketunnistin saa olla aktiivisena ennen kuin normaalia ilmanvaihtoa voidaan käyttää. Käytännössä tällä varmistetaan vain hiilidioksidipitoisuuden alentamisen olevan tärkein prioriteetti. Muiden tilojen oikeasta toimintajärjestyksestä huolehditaan tilojen hallintakaaviossa.

4.4 Paineiden valvonta

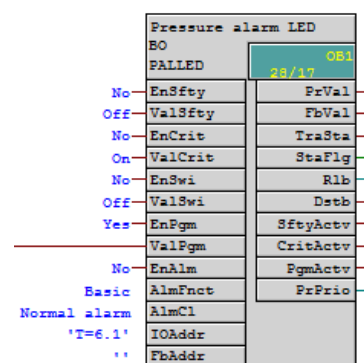
Tämän kaavion toteutus valvoo, että paineet kanavissa pysyvät alle sallittujen rajojen. Valvonta on toteutettu vertailijoilla kuten hiilidioksidipitoisuuden valvonnassa. Kaaviosta löytyy kuusi vertailijaa, yksi jokaiselle paineanturille. Raja-arvoja määrittäessä aiheutettiin vuorotellen jokaisen paineanturin kohdalle mahdollinen maksimipaine säätämällä puhaltimet täydelle teholle ja sulkemalla kaikki muut virtaussäätimet mitattavaa virtaussäädintä lukuun ottamatta. Taulukossa 1 on listattu kokeelliset maksimipaineet sekä ohjelmaan valitut raja-arvot.

Taulukko 1. Kanavien maksimipaineet ja valitut raja-arvot

Paineanturi	Maksimipaine (Pa)	Raja-arvo (Pa)
PDI10	635	500
PDI30	-370	-300
FG11	527	350
FG31	-330	-250
FG12	250	200
FG32	-255	-200

Vaikka poistoputkessa vallitsee luonnollisesti alipaine, harjoitusmallin paineilmaismet sekä ohjelman tulolohkot näyttävät arvot positiivisina. Kyseiset harjoitusmallin anturit on kytketty tarkoituksella väärinpäin, koska tieto painearvosta tulee logiikalle 0–10 voltin jännitesignaalin ja lähetin ei osaa lähettää negatiivisia arvoja. Käytännössä painearvon ollessa negatiivinen lähetin lähettää jatkuvasti 0 voltin signaalia, jonka logiikkaohjelma tulkitsee 0:ksi. Arvot voisi kääntää logiikkaohjelmassa negatiivisiksi siihen tarkoitettulla NEG_R-toimilohkolla, mutta tätä ei koettu tarpeelliseksi ohjelman toimivuuden kannalta.

Paineiden valvontaan liittyy myös hälytys paineen ylittäessä sallittu raja-arvo. Hälytys on toteutettu BO-lohkolla (Kuva 13), joka aktivoituessaan ohjaa simulointitaulun ledin (osoite 6.1) päälle osoittamaan hälytyksen aktivoitumisesta. Lohko löytyy Outputs -kaaviosta. Hälytyksen aktivoituessa järjestelmä pudottaa puhaltimien tehon 50 %:iin ja sulkee virtaus-
säätimet, jolloin paine kanavissa laskee. Hälytystä ei tarvitse kuitata, vaan se poistuu itsestään paineen las-



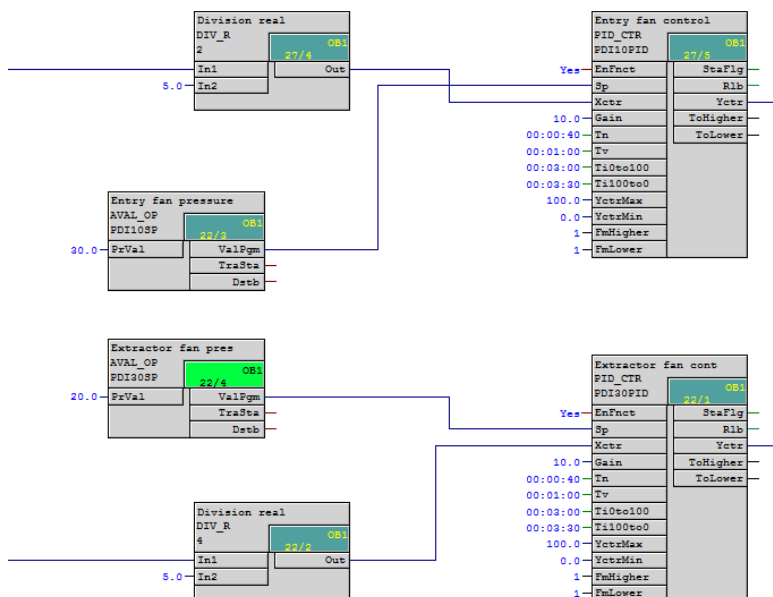
Kuva 13. Painehälytyksen toimilohko

kiessa sallitulle tasolle. Hälytyksestä jää kuitenkin merkintä lokitiedostoon. CFC:n toimilohkoissa kaikki hälytykset on integroitu I/O-lohkoihin, joten erillisiä hälytyslohkota ei tarvita. Hälytyksille on valittavissa erilaisia toimintatapoja liittyen hälytyksen tärkeyteen. Tämän hälytyksen kohdalla käytetään normaalia hälytystä (Basic), mikä tarkoittaa edellä kuvattua toiminnallisuutta. Muita vaihtoehtoja ovat yksinkertainen (Simple), laajennettu (Extended), sekä viesti (Message).

4.5 Kanavapuhaltimien ohjaus

Tässä kaaviossa ohjataan kanavapuhaltimien toimintaa. Ohjaus on toteutettu PID-säätölohkojen avulla (Kuva 14). Puhaltimien nopeutta säädetään painetiedon avulla, eli puhaltimet pyrkivät pitämään paineet tulo- ja poistokanavassa vakiona. Maksimiarvo, jonka PID-säätölohko osaa käsitellä, on 150, mutta tässä ohjelmassa paineen maksimiarvoiksi on määritelty 500 Pa. Niinpä toteutuksessa päätettiin jakaa tuleva

painearvo 5:llä. Tähän tarkoitukseen kaavioon on määritelty kaksi jakolaskulohkoa (DIV_R), joilta johdetaan käsitellyt arvot PID-säätölohkoille.



Kuva 14. Puhaltimien säätökaavion toimilohkot

Paineiden asetusarvoiksi on määritelty tuloputkessa 30, joka vastaa 150 Pascalia ja poistoputkessa 20, joka vastaa 100 Pascalia. Arvot ovat täysin kokeelliset, mutta todettiin, että näillä arvoilla puhaltimet käyvät noin 50–60 % teholla, mikä on riittävä järjestelmän toimintojen ylläpitämiseksi. Vahvistukseksi määriteltiin 10, integrointi-aikavakioksi 00:00:40 ja derivointiaikavakioksi 00:01:00. Nämäkin arvot ovat kokeellisia, mutta tässä vaiheessa parhaat mahdolliset vastaamaan järjestelmän nopeasta reagointikyvystä ja vakaasta toiminnasta. Näitä arvoja voidaan kehittää tulevaisuudessa esimerkiksi harjoitustöiden avulla.

4.6 Liiketunnistimien signaalien hallinta

Harjoitusmalliin on kytketty kaksi liiketunnistinta (Kuva 15), yksi molemmille huoneille. Liiketunnistimien tehtävänä on havaita liikettä huoneissa, jonka seurauksena antaa ohjelmalle käsky lisätä huoneilmanvaihtoa, jotta huoneissa olisi miellyttävämpi olla. Liiketunnistimille on mahdollista määritellä erilaisia On ja Off -viiveitä järjestelmän järkevää ja energiatehokkaampaa toimintaa varten. Signaali logiikalle tulee 0–24 voltin jännitesignaali-



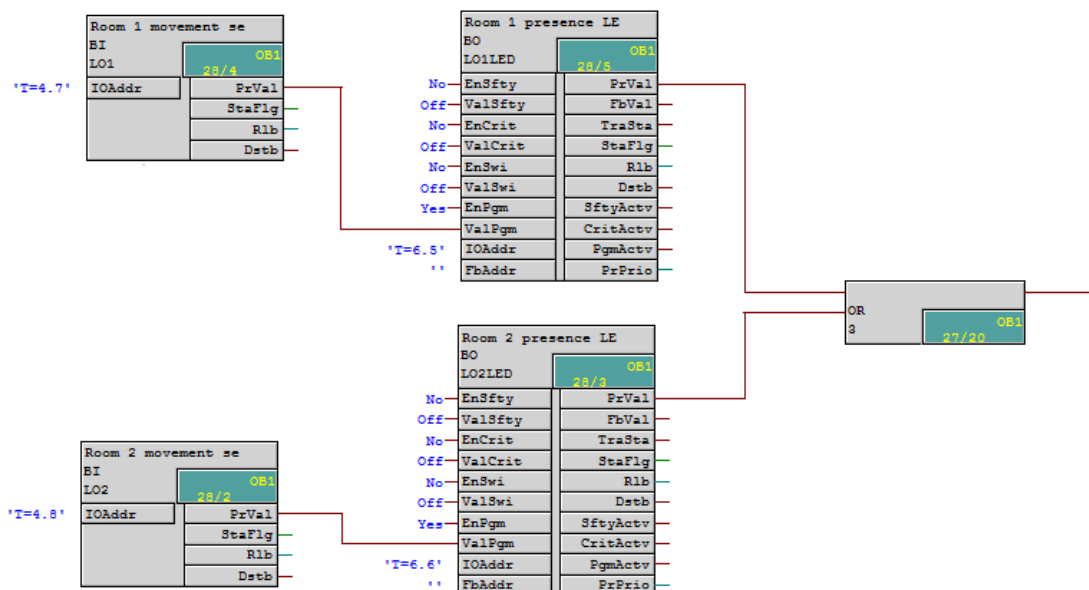
Kuva 15. Liiketunnistin

lina.

Liiketunnistimia testatessa ilmeni, että niiden signaalit eivät tulleet logiikkaohjelmalle asti, joten ongelmaa alettiin selvittää. Vianmääritys aloitettiin mittaamalla harjoitusmallilta simulointitauluun tulevaa signaalia liiketunnistimen eri tiloissa. Havaittiin, että signaali vaihtui 0 voltista 24 volttiin kun liiketunnistin havaitsi liikettä. Oletettiin siis, että tunnistin toimi kuten pitikin ja pääteltiin, että ongelma täytyi esiintyä simulointitaulun pistokkeen ja logiikan tulomoduulin välillä. Seuraavaksi testattiin tulomoduulin toimintaa mittaamalla jännitettä kyseisen tulon simulointikytkimen eri asennoissa. Havaittiin, että bitti menee päälle kytkimen ollessa 1-asennossa ja sammuu kytkimen ollessa keskellä tai 0-asennossa. Tässä vaiheessa havaittiin myös, että signaali on 0 voltia kun bitti on päällä ja 24 voltia kun bitti on pois päältä, joka on päinvastoin kuin liiketunnistimelta tulevalla signaalilla. Ongelma oli selvinnyt.

Aloin selvittää mahdollisia toimenpiteitä ongelman korjaamiseksi. Hain internetistä laitteen toimittajan sivuilta liiketunnistimen tekniset tiedot, joista selvisikin että liiketunnistin on mahdollista kytkeä Normally Open tai Normally Close -tilaan (Systemair AB 2012). Vaihdoin johdotukset liiketunnistimien sisältä, jonka jälkeen signaali saatiin logiikkaohjelmalle asti. Huomioitavaa on, että tulon simulointikytkin täytyy olla 1-asennossa, jotta signaali saavuttaa tulomoduulin. Muussa tapauksessa bitti pysyy kokoajan pois päältä.

Itse liiketunnistimien signaaleja käsittelevä toiminnallisuus on erittäin yksinkertainen. Tunnistimelta tuleva signaali on kytketty suoraan binääriseen lähtöön, joka ohjaa simulointitaulusta ledin (osoitteet 6.5 ja 6.6) päälle havainnollistamaan liiketunnistimen olevan aktiivinen. Nämä lohkot löytyvät Inputs ja Outputs -kaavioista. Itse liiketunnistimille määritelty kaavio sisältää vain yhden Or-portin, johon on kytketty molempien liiketunnistimien signaali, ja josta lähtee signaali kytkemään tila 4 päälle jommankumman liiketunnistimen ollessa aktiivisena. Lisäksi portilta lähtee kolme signaalia eri kaavioihin tilojen priorisointia varten. Toiminnallisuus on esitelty tiivistettynä kuvassa 16.



Kuva 16. Tiivistetty kuva liiketunnistimien signaalien kytkennöistä

Kun toinen tai molemmat liiketunnistimista havaitsee liikettä, ohjelma kytkee puhalltimet 80 % teholle ilmanvaihdon lisäämiseksi. Tässäkin tapauksessa toisen huoneen toiminta vaikuttaa myös toiseen huoneeseen, mutta koska huoneiden ilmanvaihto tapahtuu samoja pääkanavia pitkin ja kanavissa on vain yhdet kanavapuhalltimet, on eriarvoinen toteutus mahdotonta. Virtaussäädintä ohjaus tapahtuu samoin kuten 1. tilassa. Liiketunnistimet on rakennettu energiansäästöä silmällä pitäen: kun tunnistin havaitsee liikettä ollessaan Standby-tilassa, se kytkeytyy niin sanottuun On Delay -tilaan, jolle on määritelty tietty aika. Jos tunnistin tässä tilassa ollessaan havaitsee uudestaan liikettä, se kytkeytyy Off Delay -tilaan, joka tarkoittaa, että se pysyy aktiivisena tilalle määritellyn aikamäärän ajan. Jos tunnistin ei havaitse liikettä ollessaan On Delay -tilassa, se palaa takaisin Standby-tilaan aikamäärän umpeuduttua. Koska kyseessä on harjoitusmalli, viiveet pidettiin pienimpinä mahdollisina. Oikeassa järjestelmässä olisi järkevää käyttää vähintään kohdan C viiveitä (Kuva 17).

	A	B	C	D	E	F
ON	0 sec	10 sec	30 sec	1 min	5 min	10 min
OFF	10 sec	1 min	5 min	10 min	20 min	50 min

Kuva 17. Liiketunnistimien viivevaihtoehdot (Lindab n.d.)

4.7 Järjestelmän tilojen hallinta

Koska ohjelma sisältää monia erilaisia toimintatiloja, siihen päätettiin lisätä kaavio eri tilojen hallitsemiseksi (Kuva 18). Tiloja on yhteensä neljä, ja ne on listattu taulukossa 2. Kyseisellä tilojen järjestyksellä taataan tilojen oikea priorisointi.

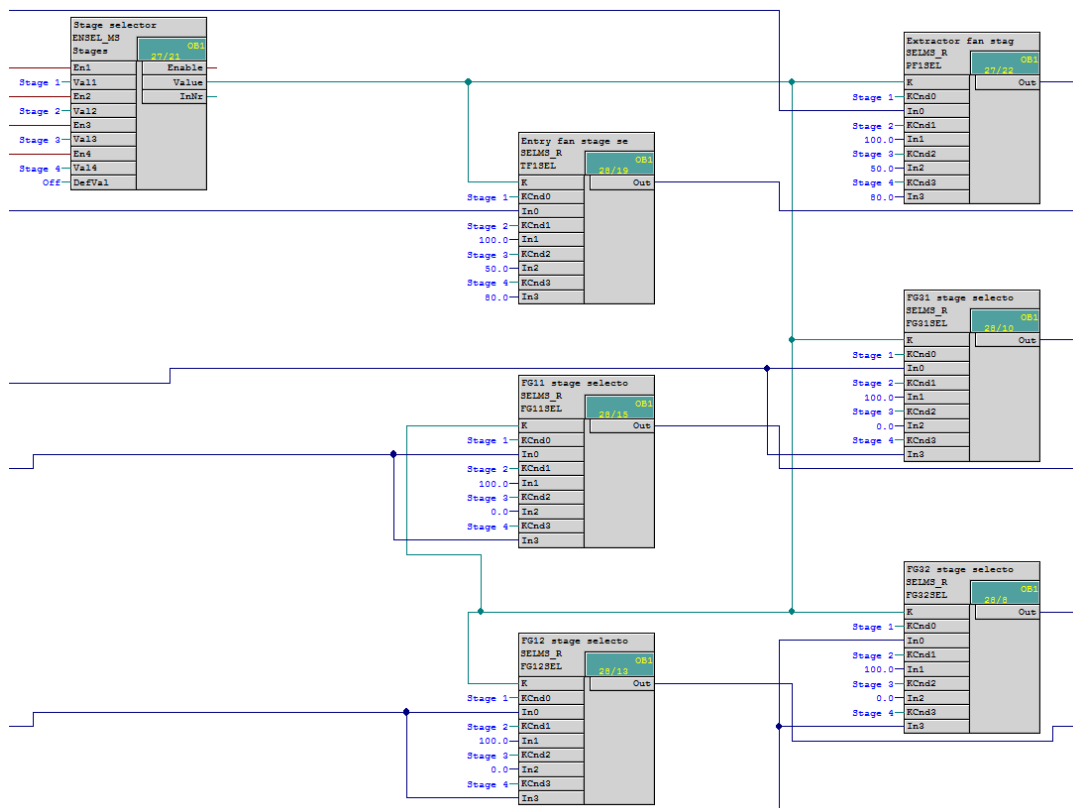
Taulukko 2. Ohjelmatoteutuksen eri toimitilat

Tilan nimi	Toiminnallisuus	Prioriteetti
Stage 1	Normaalitila, pyrkii pitämään huoneen lämpötilan asetusravossa (luvut 4.1 ja 4.2)	4
Stage 2	Hiilidioksidipitoisuuden ylitys, täysi tuuletus molemmille huoneille (luku 4.3)	1
Stage 3	Painehälytys, puhaltimien tehon alennus ja virtaussäädinten sulkeminen (luku 4.4)	2
Stage 4	Liiketunnistin aktiivisena, ilmanvirtauksen lisäys tulo- ja poistokanavassa (luku 4.6)	3

XWorks Plus:n kirjastoista löytyy hyödyllisiä toimilohkoja kyseistä toiminnallisuutta varten. Ensimmäisenä kaaviossa on käytetty ENSEL_MS -nimistä lohkoa, joka mahdollistaa maksimissaan 25 eri tilan kytkemisen toimilohkoon. Lohko sallii usean tilan yhtäaikaista päällä olon, mutta tässä tapauksessa pienimmän järjestysnumeron omaava tila pysyy aktiivisena. Lohko lähettää tiedon aktiivisena olevasta tilasta eteenpäin siihen kytketyille toimilohkoille.

Edellä mainittuun lohkoon on kytketty kuusi SELMS_R -nimistä toimilohkoa. Näiden lohkojen avulla voidaan helposti määrittellä eri tiloille lohkoilta lähtevät säätöarvot. Jokainen näistä lohkoista ohjaa yhtä toimilaitetta. Puhaltimien ohjauksessa 1. tilan ohjaussignaali tulevat suoraan kanavapuhaltimien PID-säätölohkoilta (luku 4.5), mutta muiden tilojen ohjaussignaalien arvot on määriteltä suoraan SELMS_R lohkoihin. Tällä taataan, että edellä esitelty toiminnallisuudet toteutuvat. Virtaussäädinten osalta 1 ja 4 -tilojen signaalit tulevat suoraan huoneiden virtaussäädinten PID-säätölohkoilta, ja 2 ja 3 -tilojen ohjausarvot on määriteltä suoraan SELMS_R lohkoihin. Tällainen kaavio on erittäin käytännöllinen ohjelmaa testattaessa ja sen käyttäy-

tymistä tutkiessa, koska käyttäjä näkee heti, mikä tila on aktiivisena. Lisäksi kaavios-
ta on helppo muuttaa tiloille määritellyjä ohjaussignaalien arvoja.



Kuva 18. Tiloihin ohjauskaavio

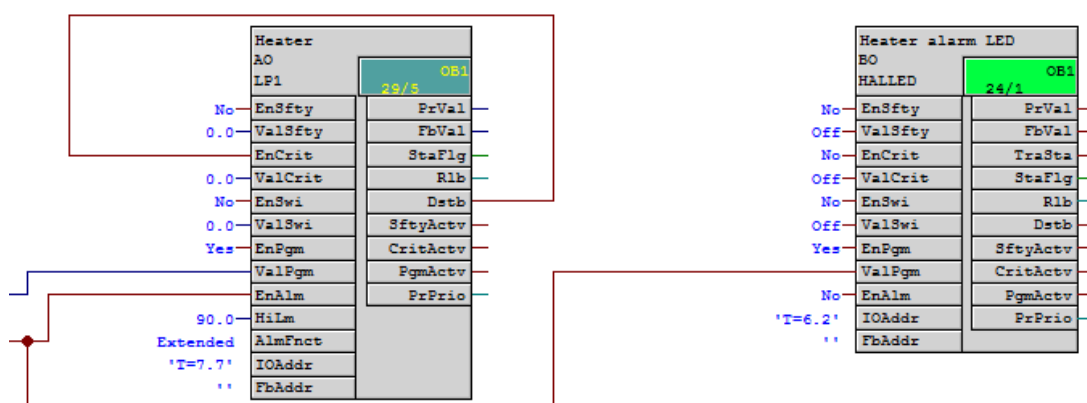
4.8 Lämmittimen ylikuumentumisen hälytys

Lämmittimen ylikuumentumisen hälytys on toteutettu lämmittimen ohjauslohkossa (AO), joka löytyy Outputs -kaaviosta (Kuva 19). Lämmittimestä löytyy niin mekaaninen kuin elektroninen ylikuumentumissuoja, joista elektroniselta tulee signaali lo-
giikalle. Lämmitintä testatessani yritin kuumentaa sitä niin paljon, että saisin aiheu-
tettua ylikuumentumisen ja tätä kautta signaalin jännitearvon muuttumisen. Vaikka
käytin lämmitintä täydellä teholla pitkänkin aikaa, ei ylikuumentumista tapahtunut,
joten en saanut testattua signaalin toimivuutta. Koska lämmittimessä on myös me-
kaaninen ylikuumentumissuoja, elektroninen signaali korvattiin simuloimalla sitä ky-
seisen tulon simulointikytkimellä.

Hälytyksen aktivoituminen vaatii kaksi asiaa: lämmittimeltä tulevan hälytyssignaali-
nin, eli tässä tapauksessa kyseisen tulon simulointikytkimeltä tulevan signaalin bitti

on oltava päällä, ja lämmittimen on käytävä yli 90 % teholla hälytyksen aiheutuessa. Tämä siksi, että järjestelmä ei aiheuttaisi turhia ylikuumentumisen hälytyksiä esimerkiksi tilanteissa, joissa mekaaninen kytkin on jo huolehtinut lämmityksen katkaisemisesta. Toinen syy on näin havainnollistaa hälytyksen toimintaa opetustarkoituksessa. Hälytyksen toimintatavaksi on valittu Extended, joka tarkoittaa että hälytys on kuitattava sekä palautettava ennen kuin lämmitin voi jatkaa toimintaansa. Hälytysten kuittaus tapahtuu käyttöpäänteen avulla.

Itse toimilohkon asetusarvot ovat lähes samanlaiset kuin painehälytyksen kohdalla. Poikkeavuutena tässä käytetään hyväksi häiriöpinniä (Dstb), joka aktivoituu hälytyksen aktivoituessa ja pysyy aktiivisena niin pitkään, kunnes hälytys on kuitattu ja palautettu. Tältä pinniltä on johdettu signaali kriittisen arvon (EnCrit) kohdalle, joka aktivoituessaan ohjaa lohkolle määritellyn kriittisen arvon (ValCrit), tässä tapauksessa 0, lohkon lähtöpinnille. Näin varmistetaan, että lämmitin pysyy suljettuna niin kauan kunnes hälytys on kuitattu ja palautettu. Simulointitaulusta on myös valittu ledi (osoite 6.2) osoittamaan hälytyksen aktivoituminen.



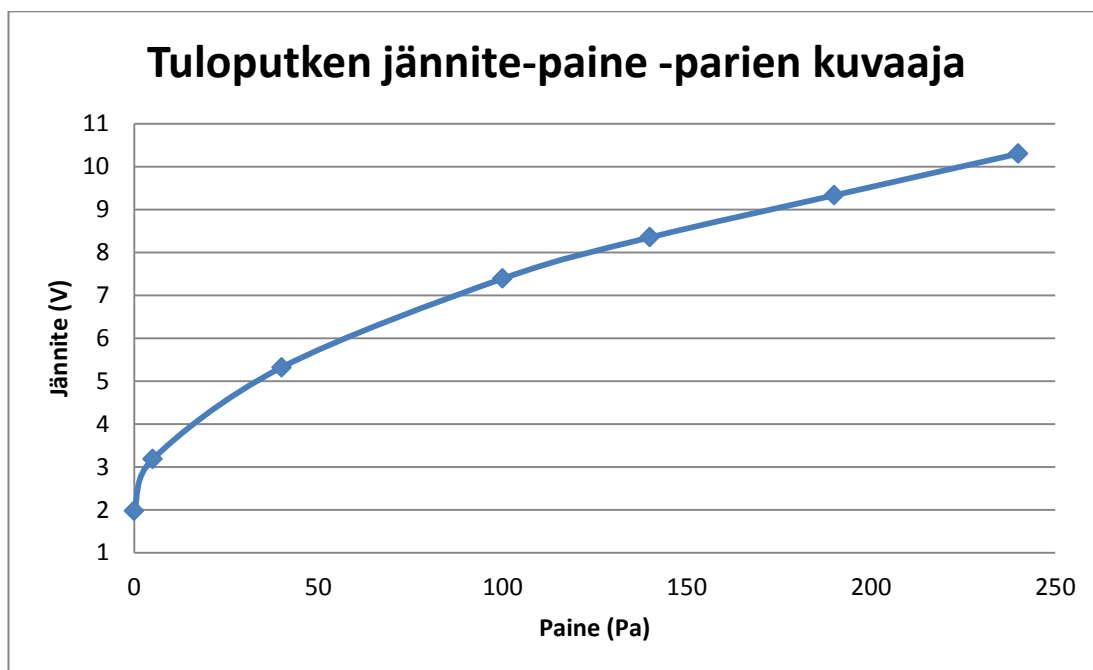
Kuva 19. Lämmittimen toiminnallisuutta ohjaavat toimilohkot

4.9 Havaintoja ja ongelmatilanteita

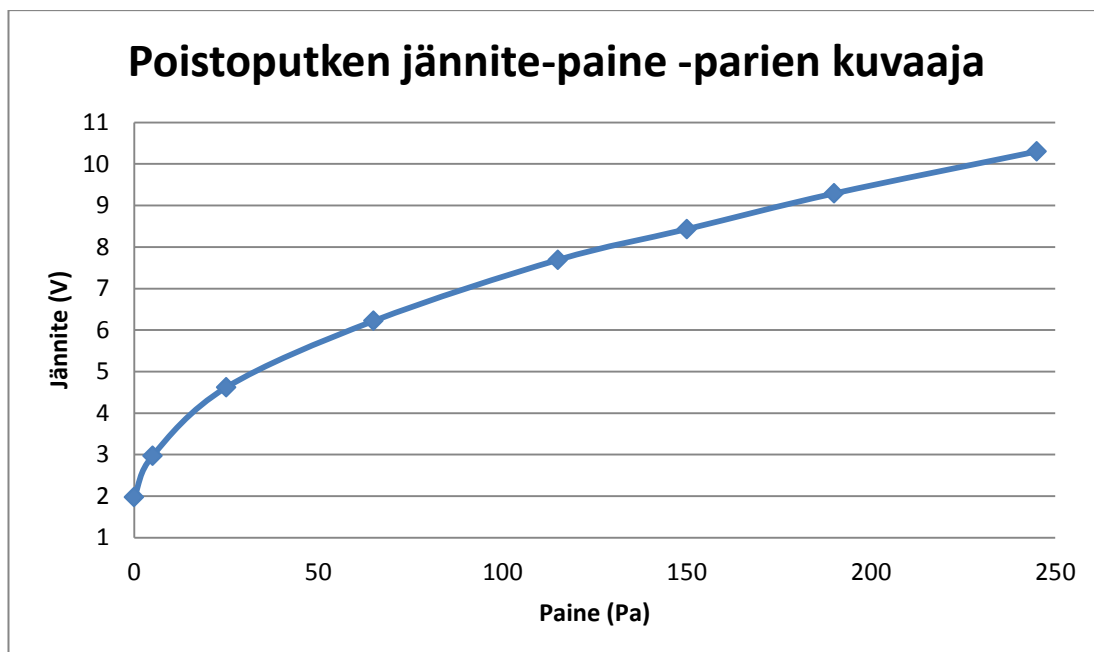
XWorks Plus:aa ja varsinkin CFC:tä enemmän ja enemmän käytettyäni ohjelmasta jäi tuntuma, että se on varsin selkeä ja looginen käyttää. Ongelmia ja selvitettäviä asioita tuli paljon vastaan, mutta yleensä niihin löytyi ratkaisu joko ohjekirjoista tai ohjelman Help-tiedostoista. Seuraavaksi on esitelty keskeisiä havaintoja ja ongelmatilanteita.

4.9.1 Toisen huoneen virtaussäädinten paluutieto

Toisen huoneen toiminnallisuuden esittelyssä mainittiin, että huoneen virtaussäädinten paluutieto tulee logiikalle jännitesignaalina, joka kertoo paineen säätimen kohdalla. Jännitesignaali on arvoltaan 2–10 voltia. Jotta signaalia voitaisiin hyödyntää paineenvälvonnassa, se pitäisi skaalata näyttämään painearvoa jännitearvon sijaan. Signaalille laskettiin kulmakerroin suoran yhtälön kaavalla ja sitä käytettiin skaalauksessa. Testattaessa kuitenkin havaittiin, että kyseinen kerroin ei päde jännitealueen kaikissa kohdissa. Niinpä alettiin selvittää mahdollista ongelmaa lukemalla järjestelmästä jännite-painepareja eri arvoilla, ja piirtämällä näistä kuvaajat Excelillä (Kuvaajat 1 ja 2). Kuvaajista havaittiin heti, että parien kuvaajat eivät ole lineaarisia, joten kyseistä skaalaustekniikkaa ei voida käyttää.



Kuvaaja 1. Tuloputken virtaussäätimen jännite-paine -parien kuvaaja

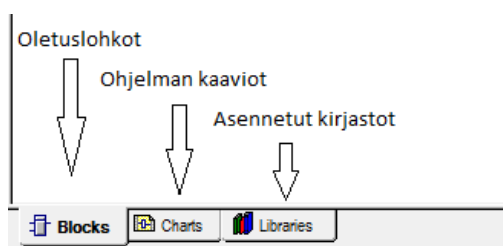


Kuvaaja 2. Poistoputken virtaussäätimen jännite-paine -parien kuvaaja

Yksi mahdollisuus toteuttaa skaalaus olisi lukea enemmän jännite-paine -pareja, jonka jälkeen lisättäisiin arvot taulukkoon ja määriteltäisiin ohjelmaan toimilohko, joka osaisi laskea jännitettä vastaavan painearvon taulukosta kahden arvon väliltä. Tämäkään skaalaus ei olisi täysin tarkka, mutta riittävä kyseiseen toteutukseen. Toteutuksesta löytyy kyseisten signaalien tulolohkot, sekä paineidenhallintakaaviosta vertailuun tarkoitetut toimilohkot, mutta ne on jätetty kytkemättä toisiinsa.

4.9.2 Toimilohkokirjastojen lisäys CFC:hen

Eräs kiusallinen ongelma ohjelmoidessa oli, että CFC:n toimilohkokirjastosta ei löytynyt läheskään kaikkia käyttöoppaassa esiteltyjä toimilohkoja. Ongelmaan etsittiin pitkään ratkaisua ja lopulta selvisi, että puuttuvat lohkot löytyisivät XWorks Plus:n



Kuva 20. Katalogin välilehdet

asennustikulta ja ne piti asentaa erikseen. Asennustiedoston polku on: Computer\KINGSTON urDrive\014_Libset_LED17-HQ-500260-10_DVD\AutoPlay.exe. Asennuksen jälkeen ohjelmaan ilmestyi paljon erilaisia toimilohkokirjastoja, jotka sisälsivät erilaisia toiminnallisuuden varten ohjelmoituja toimilohkoja ja jopa kokonaiskaavioita. Nämä helpottavat myös tulevaisuudessa toteutettavien ohjelmien

ohjelmointia. Asennetut kirjastot löytyvät katalogin kolmannelta välilehdeltä (Kuva 20).

4.9.3 Valmiiden projektien muokkaaminen

Valmista projektia muokattaessa kannattaa aina ensin luoda uusi projekti ja kopioida siihen muokattavan projektin tiedot, jonka jälkeen tehdä muutokset tähän projektiin. Tämä siksi, että CFC tallentaa tehdyt muutokset automaattisesti, eikä niitä voi tämän jälkeen kumota mitenkään. Näin vältetään pilaamasta valmiita, jo toimivia projekteja.

5 LOGIIKKAOHJELMAN TESTAAMINEN

XWorks Plus:lla ohjelmoitua ohjelmaa on mahdollista testata usealla eri tavalla. Käytettäviä testausympäristöjä ovat CFC:n sisäänrakennettu simulointiympäristö (XWorks Simulator), testaus simulointitaulua käyttäen sekä lopullinen testaus fyysisellä laitteistolla. Ohjelman toiminnot kannattaa testata aina ensin joko simulointiympäristössä, simulointitaululla tai molemmilla. Näin vältetään mahdollisilta toimintahäiriöiltä ja laitteiden rikkoutumiselta. Tässä luvussa on esitelty käytettävissä olevat testaustavat.

5.1 Sisäänrakennettu simulointiympäristö

Simulointiympäristö on järkevin tapa aloittaa ohjelman testaaminen, koska se ei vaadi ohjelman lataamista logiikkaan, eikä näin ollen voi hajottaa laitteistoa. Ympäristön käyttö aloitetaan avaamalla AS Simulation -niminen aliohjelma, joka löytyy CFC:stä CPU-valikon alta. Aliohjelma lataa kaikki logiikkaohjelmassa käytettävät tulot ja lähdöt avautuvaan ikkunaan (Kuva 21). Seuraavaksi logiikkaohjelma ladataan ympäristöön samoin kuten logiikkaan, mutta yhteydeksi valitaan SIM-vaihtoehto. Tämän jälkeen käyttäjä pystyy muuttamaan tulosten arvoja ja lukemaan lähtöjen arvoja simu-

laattorin puolelta. Arvoja on mahdollista lukea myös CFC:n puolelta jokaisen lohkon kohdalta erikseen. Tällöin pitää aktivoida Test mode, valita tarkasteltava lohko ja painaa Watch On -painiketta, joka löytyy työkalupalkista.

Address	Module	PI	Type	Signal	TD	Description	Value	Unit	Simulation	Source	Reliability	Override	Invert
Address : 1 (1 item)													
Module : TZM1.BU.ML (8 items)													
1	TZM1.BU.ML	1 AI	U10	BCFC1PD10		Pressure input entry conduct	300	Pa	Fix	Fix	NoFaultDetected		
2	TZM1.BU.ML	2 AI	U10	BCFC1PD11		Pressure input room1 entry	0	Pa	Fix	Fix	NoFaultDetected		
3	TZM1.BU.ML	3 AI	U10	BCFC1PD30		Pressure input exit conduct	300	Pa	Fix	Fix	NoFaultDetected		
4	TZM1.BU.ML	4 AI	U10	BCFC1PD31		Pressure input room1 exit	0	Pa	Fix	Fix	NoFaultDetected		
5	TZM1.BU.ML	5 AI	U10	BCFC1TE1		Room 1 Thermometer	22	°C	Fix	Fix	NoFaultDetected		
6	TZM1.BU.ML	6 AI	U10	BCFC1CO21		Room1 CO2 Sensor	400	ppm	Fix	Fix	NoFaultDetected		
7	TZM1.BU.ML	7 AI	U10	BCFC1TE2		Room 2 Thermometer	22	°C	Fix	Fix	NoFaultDetected		
8	TZM1.BU.ML	8 AI	U10	BCFC1CO22		Room2 CO2 Sensor	400	ppm	Fix	Fix	NoFaultDetected		
Address : 2 (1 item)													
Module : TZM1.BU.ML (1 item)													
2	TZM1.BU.ML	7 AI	U10	BCFC1LFANc		LFAN ctrl	0	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
Address : 4 (1 item)													
Module : TZM1.BD (4 items)													
4	TZM1.BD	1 BI	D20	BCFC6PAL		Pressure Alarm	0	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
6	TZM1.BD	6 BI	D20	BCFC1HEATL		HEATER ALARM	0	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
7	TZM1.BD	7 BI	D20	BCFC1LO2		Room 2 movement Sensor	0	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
8	TZM1.BD	8 BI	D20	BCFC1LO1		Room 1 movement Sensor	0	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
Address : 6 (1 item)													
Module : TZM1.ER.M (3 items)													
1	TZM1.ER.M	1 BO	Q200	BCFC6PALLED		Pressure Alarm LED	Off	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
4	TZM1.ER.M	4 BO	Q200	BCFC1LO1led		Room 1 presence led	Off	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
5	TZM1.ER.M	5 BO	Q200	BCFC1LO2led		Room 2 presence led	Off	—	Fix	Fix	NoFaultDetected		
Address : 7 (1 item)													
Module : TZM1.BU.ML (7 items)													
1	TZM1.BU.ML	1 AO	Y105	BCFC2PD31		Room 1 exit damper	90	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		
2	TZM1.BU.ML	2 AO	Y105	BCFC2PD32		Room 2 exit damper	90	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		
3	TZM1.BU.ML	3 AO	Y105	BCFC2PD11		Room 1 entry damper	90	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		
4	TZM1.BU.ML	4 AO	Y105	BCFC2PD12		Room 2 entry damper	90	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		
5	TZM1.BU.ML	5 AO	Y105	BCFC2RFAN		Extr/Extractor fan	0	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		
6	TZM1.BU.ML	6 AO	Y105	BCFC2LFAN		Entry/Entry fan	0	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		
7	TZM1.BU.ML	7 AO	Y105	BCFC2HEATER		HEATER	0	%	Fix	Fix	NoFaultDetected		

Kuva 21. AS Simulation ikkunanäkymä, simuloidut arvot näkyvät keltaisena

5.2 Simulointitaulu

Simulointitaulu on Siemensin opetuskäyttöön suunniteltu kokonaisuus, jossa on kattava valikoima erilaisia simulointimahdollisuuksia, varsinakin universaaleille tuloille (Kuva 22). Jokaiselle tulolle löytyy oma pyöritettävä, portaaton säätönapula, jolle käyttäjä voi valita säädettävän arvon. Valittavissa ovat prosentit välillä 0–100 % (0..100 %) tai lämpötila välillä -25 – 105°C (LG NI 1000). Lisäksi käyttäjä voi valita digitaalisen (Digital) kytkimen, joka on käytännössä On/Off -kytkin, tai ulkoisen tulon (External), joka tulee tässä tapauksessa HVAC -harjoitusmallilta. Digitaalituloille löytyy kolmiasentoinen pitokytkin. Digitaalilähdöille on ledit osoittamassa bitin akti-



Kuva 22. Universaalien tulon simulointikytkimet

voitumisesta, sekä universaaleille lähdöille on kymmenportainen lediasteikko osoittamassa lähdön arvoa välillä 0–100 %.

Taulu on erittäin soveltuva luodun ohjelman simulointiin, koska käyttäjä voi muuttaa nopeasti ja radikaalisti arvoja, joita normaaliolosuhteissa on vaikea muuttaa, tällaisia ovat esimerkiksi huoneen lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus. Taulun käyttö on myös nopeampaa ja selkeämpää kuin simulointiympäristön, koska ympäristöä käytettäessä pitää liikkua kokoajan kahden eri ikkunan välillä. Taulun saa käyttöön lataamalla ohjelma logiikkaan ja siirtämällä tulossignaalien valitsimet taulun signaalien kohdille. Nyt tulojen arvoja voi muuttaa simulointitaulun kytkimistä ja säätimistä. Toimilohkojen käyttäytymistä voi seurata aktivoimalla CFC:stä Test mode, valitsemalla seurattava lohko ja painamalla Watch On -painiketta.

5.3 Testaus fyysisellä laitteistolla

Kun on varmistettu ohjelman toimivuudesta simulointiympäristön ja/tai simulointitaulun avulla, voidaan aloittaa harjoitusmallin toimintojen testaus. Harjoitusmalli on kytketty valmiiksi kiinni logiikkaan, joten käyttäjän tarvitsee vain asettaa simulointitaulun universaalien tulojen signaalilähteet ulkoisiksi ja varmistaa, että liiketunnistimien simulointikytkimet ovat 1-asennossa. Tämän jälkeen voidaan kytkeä virta harjoitusmalliin.

Käynnistettäessä harjoitusmalli paine kanavissa on 0 Pa. Tämän seurauksena logiikka ohjaa puhaltimet suoraan täydelle teholla kasvattaakseen painetta putkistossa mahdollisimman nopeasti. Tästä aiheutuu usein painehälytys paineiden noustessa liikaa, mutta hetken aikaa järjestelmän käytyä paine normalisoituu halutulle tasolle. Myös liiketunnistimet tarvitsevat käynnistyessään aikaa noin minuutin konfiguroidakseen itsensä. Kun järjestelmä on saatettu normaaliin tilaan, voidaan toimintojen testaus aloittaa.

Hiilidioksidi- ja lämpötila-arvoja on vaikea saada muuttumaan huoneistossa radikaalisti. Niinpä testausvaiheessa kannattaa vaihtaa näiden tulojen signaalit simulointitaulun säätimille. Pääkanavien painesignaaleille kannattaa tehdä sama toimenpide, tai

vaihtoehtoisesti lisätä tai vähentää kanavapuhaltimien tehoa paineiden muuttamiseksi. Logiikkamoduuleissa on painikkeet, joilla halutun tulon tai lähdön voi ottaa haltuun ja muuttaa sen arvoa. Tätä kutsutaan paikalliskäytöksi. Paikalliskäyttö on erityäin käytännöllinen silloin, kun testataan oikeaa asennettua järjestelmää, koska silloin käytössä ei ole simulointitaulua. Moduulissa on jokaisen bitin kohdalla keltainen merkkivalo, joka palaa paikalliskäytön ollessa aktiivisena. Liiketunnistimien toiminnallisuus on helpointa testata aiheuttamalla liikettä tunnistimien edessä, ja lämmittimen hälytyksen saa aiheutettua joko säätämällä lämmitin täydelle teholle paikalliskäytöllä, nostamalla huoneen asetuslämpötilaa, tai pienentämällä simuloimalla huoneen ololämpötilaa, jolloin lämmitin aktivoituu. Hälytys aktivoituu vasta, kun hälytykselle määritelty signaalibitti menee päälle, kuten luvussa 4.8 mainittiin. Toimilohkojen toimintaa voi tarkkailla samoin kuten simulointitaulua käytettäessä.

Toteutettu ohjelma testattiin kaikilla kolmella metodilla ja havaittiin sen käyttäytymän, kuten oli toivottu. Ainoa havaittu epäkohta löydettiin vaihdettaessa liiketunnistimien tilasta takaisin normaalitilaan. Tällöin järjestelmään aiheutuu pieni katkos, jonka aikana se tiputtaa kaikkien tulojen ohjaussignaalit nolnaan, mutta palauttaa ne takaisin oikeiksi lähes saman tien. Ongelmaa selvittäessä selvisi, että tämä johtuu ohjelman syklikierrosta. Ongelma on korjattavissa tulevaisuudessa, mutta tässä sitä ei katsottu tarpeelliseksi järjestelmän nopean palautumisen vuoksi.

6 KÄYTTÖPÄÄTTEEN KÄYTTÖÖNOTTO JA TOIMINNOT

Tässä luvussa esitellään PXM20-E käyttöpäätteen käyttöönotto ja yleisimmät toiminnot. Käyttöpääte on niin sanottu sisäyksikkö, josta jokainen käyttäjä voi lukea ja muuttaa järjestelmän asetusarvoja oikeuksiensa mukaan. Käyttöpäätteessä on valmis käyttöliittymä, eikä sitä pääse itse muuttamaan. Käyttöliittymästä on pyritty tekemään mahdollisimman helppokäyttöinen ja itse laitteen käyttöönottokin onnistuu todella helposti, käytännössä käyttäjän tarvitsee vain liittää käyttöpääte samaan Ethernet-silmukkaan tietokoneen ja logiikan kanssa, jonka jälkeen lisätä pääte XWorks Plus:n Network Configurator:in laitelistaan. Ohjeet käyttöpäätteen käyttöönottoon

löytyvät liitteestä 2. Suurin ongelma oli löytää salasanat laitteeseen määritellyille käyttäjille, koska niitä ei ollut listattuna missään.

Käyttöpäätteestä löytyy kattava määrä eri toimintoja peruskäyttäjälle: sillä voi säätää huoneiden asetuslämpötiloja, lukea tietoa kaikista ohjelmakoodiin määritellyistä tuloista ja lähdöistä, tallentaa ja tarkastella tietoa järjestelmän toiminnasta historiassa ja reaaliajassa erilaisina trendikäyriä sekä luoda erilaisia viikko- ja kuukausiohjelmia järjestelmän toimintaa varten. Tässä työssä perehdytään järjestelmän tietojen tarkasteluun ja ohjaukseen, trendikäyrien luomiseen, sekä hälytysten kuittaamisen ja ne on esitelty seuraavaksi. Laitteeseen on määritelty oletuskieleksi Suomi, ja se on muutettavissa asetuksista.

6.1 Käytön aloitus

Kun pääte on määritetty XWorks Plus:aan, se kannattaa käynnistää uudestaan. Tämä tapahtuu kirjautumalla jollekin käyttäjälle, valitsemalla valikosta ”Hälytykset & toiminnot” ja sieltä toiselta sivulta ”PXM20 uudelleenkäynnistys”. Käynnistyttyään uudelleen päätteen näyttöön avautuu aloitusikkuna, jonka saa tarvittaessa pois asetuksista. Ikkunasta valitaan ”Aloitus”, jonka jälkeen pääte hakee kaikki Ethernet-silmukkaan kytketyt automaatioasemat. Lisäksi näytössä näkyy kohta ”Järjestelmälaite”, josta pääsee käsiksi päätteen sisäisiin asetuksiin. Nämä asetukset ovat muokattavissa myös operointitilassa. Valitaan haluttu automaatioasema, tässä tapauksessa HVAC. Asemasta löytyy valmiiksi määriteltynä neljä eritasoista käyttäjää, jotka on listattu taulukossa 3. Jokaisesta käyttäjästä saa tietoa painamalla Info-painiketta ja valitsemalla haluttu käyttäjä käyttöpainikkeella. Tässä työssä käytämme Extended operator -käyttäjää.

Taulukko 3. Käyttöpäätteelle määritellyt käyttäjät

Käyttäjänimi	Oikeudet ja rajoitukset
Basic operator	Peruskäyttäjä, jolla oikeudet katsella hälytyksiä ja trendejä, mutta ei muuttaa mitään
Standard operator	Yleiskäyttäjä, jolla oikeudet kuitata hälytyksiä, muokata käyttäjiä sekä tarkastella ja säätää ohjelmoijan sallimia asetusarvoja (tässä toteutuksessa huoneiden lämpötilat sekä pääkanavien paineet)
Extended operator	Tehokäyttäjä, jolla oikeudet katsella ja muokata kaikkien tulojen ja lähtöjen arvoja
Customer administrator	Administraattori, jolla kaikki käyttöoikeudet. Suositellaan vain järjestelmän huoltohenkilöstölle

6.2 Tulojen ja lähtöjen tarkastelu ja ohjaus

Logiikkaohjelmaan liitetyt tulot ja lähdöt löytyvät tässä toteutuksessa ”Huoneiston ilmanvaihto” -kohdasta (nimi tulee kuvauksesta, jonka ohjelmoija on määrittänyt automaatioasemalle). Valikossa näkyvät kaikkien ohjelmaan liitettyjen tulojen ja lähtöjen arvot, sekä ohjelmassa käytettyjen PID-säätölohkojen asetusarvot. Lisäksi ikkunassa näkyy Setpoint -lohkojen asetusarvot. Tuloista saa lisätietoa painamalla käyttöpainiketta arvon kohdalla. Painikkeen alta löytyy muun muassa tulon osoite, tietoa raja-arvoista sekä luotettavuudesta. PID-säätölohkojen asetusarvoja pääsee muuttamaan valitsemalla haluttu lohko käyttöpainikkeella ja muuttamalla asetusarvoa plus- ja miinuspainikkeilla. Ongelmana tässä on, että esimerkiksi 1. huoneen lämpötilan asetusarvo täytyisi muuttaa lämmittimen ja molempien virtaussäädinten PID-säätölohkoihin järjestelmän oikean toiminnan takaamiseksi. Tämän takia ohjelmaan on lisätty AVAL_OP-nimisiä lohkoja, joilla asetusarvon (Setpoint) saa ohjattua niin moneen lohkoon kuin on tarve. Lisäksi nämä lohkot näkyvät myös yleiskäyttäjälle. Asetusarvoja kannattaakin muuttaa näiden lohkojen arvoja säätämällä. Lohkoja on lisätty molempien huoneiden lämpötilojen, sekä pääkanavien paineiden säätöä varten.

Järjestelmän lähdöille on valittavissa pakko-ohjaus, joka tarkoittaa, että lähtöjä voi ohjata suoraan käyttöpäätteeltä. Pakko-ohjaus valitaan painamalla lähdön kohdalla käyttöpainiketta kaksi kertaa ja valitsemalla avautuvasta valikosta ”Pakko-ohjaus”, tällöin lähdön kohdalle ilmestyy käden kuva. Nyt lähdön arvoa voi säätää plus- ja miinuspainikkeilla ja hyväksymällä OK-painikkeella. Ohjauksen saa pois painamalla uudestaan kaksi kertaa käyttöpainiketta lähdön kohdalla ja valitsemalla ”Vapautus”. Jos lähtöä hallitaan logiikkamoduulin painikkeista, lähdön kohdalla näkyy jakoavaimen kuva.

6.3 Trendien luominen ja tarkastelu

Ennen kuin trendikäyriä voidaan tarkastella, täytyy päätteelle määritellä, mitä tuloarvoa halutaan tarkastella ja kuinka pitkään. Tämä tapahtuu myös ”Huoneiston ilmanvaihto” -valikossa. Valitaan käyttöpainikkeella haluttu tulo, tämän jälkeen avautuvassa ikkunassa painetaan Info-painiketta ja valitaan ”Oloarvo”. Seuraavaksi avautuvassa ikkunassa valitaan oikealta alhaalta kohta ”Näytä piste”, jolloin laite ohjautuu Trend-asetuksiin. Asetuksissa on kahdeksan kohtaa, ja niiden selitykset on listattu taulukossa 4.

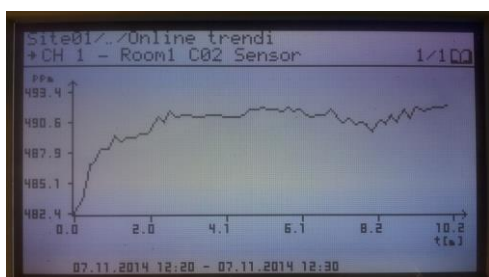
Taulukko 4. Trend – asetuksien selitykset (Desigo PX User’s guide 2014, 55)

Asetus	Toiminnallisuus
Lokin vapautus	Päällä/Pois, aloittaa lokin tallennuksen kun päällä
Käynnistysaika	Määrittelee tallennuksen aloitusajan PP.KK.VV, HH:MM
Lopetusaika	Määrittelee tallennuksen lopetusajan PP.KK.VV, HH:MM
Lokin intervalli	Määrittelee pisteiden tallennusvälin HHHHHH:MM:SS
Lopetus kun täysi	Kyllä/Ei, määrittelee lopetetaanko tallennus kun muisti täynnä. Jos ei niin ensimmäiset arvot korvataan ylimenevillä
Muistinkoko	Kuinka monta arvoa muistiin halutaan mahtuvan
Tyhjennä tiedot	Tyhjentää jo tallennetut tiedot
Tietojen lkm	Kertoo montako arvoa on jo tallennettu

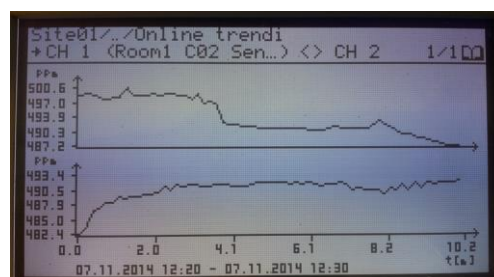
Kun asetukset on säädetty ja tallennettu palataan Esc-painikkeella ensimmäiselle sivulle. Valitaan ”Hälytykset & toiminnot” ja sen alta ”Online trendi”. Edellä määritelty tulo näkyy aukeavassa ikkunassa ensimmäisen vapaan paikan kohdalla. Laitteella on mahdollista tallentaa enintään viittä arvoa kerrallaan. ”Vapauta kaikki kanavat” -

painike poistaa kaikki trendien tallennukset. Kanavat voi myös vapauttaa yksitellen valitsemalla haluttu kanava ja sieltä ”Vapauta kanava”. Huomioitavaa on myös, että kun CH-merkin vieressä oleva kuva vilkkuu, trendin tallennus on käynnissä.

Itse trendin piirtäminen tapahtuu valitsemalla haluttu tulo trendivalikosta. Ensimmäinen kohta, Trend-konfigurointi, ohjaa käyttäjän samoihin asetuksiin kuin taulukossa 4. ”Graafinen muoto” -kohdassa käyttäjä voi piirtää trendejä jo tallennetuista pisteistä (Kuva 23). Valikossa valitaan halutun jakson alkamis- ja päättymisaika, trendiä voi myös verrata toiseen tallennettuun trendiin (Kuva 24).

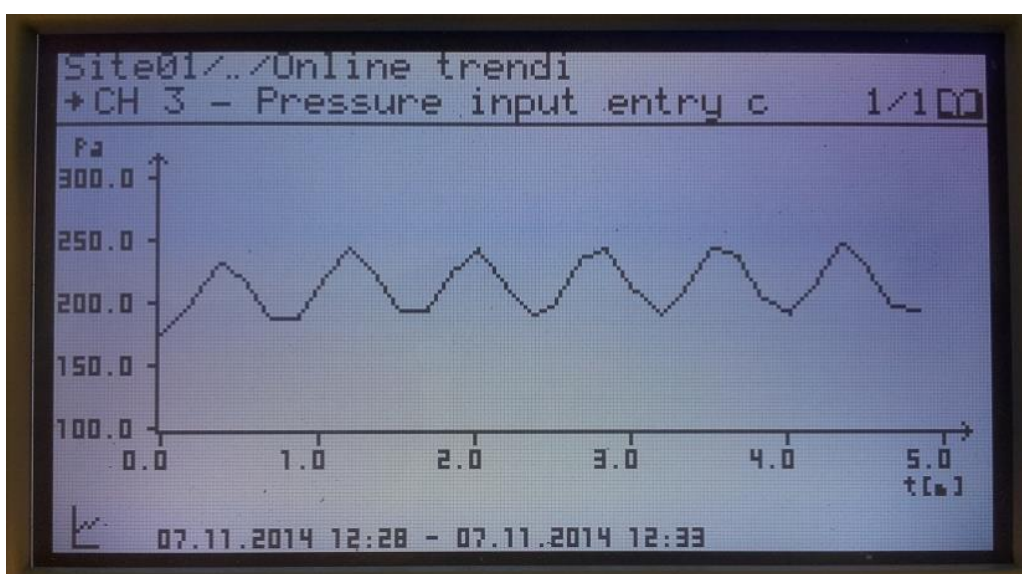


Kuva 23. Huoneen 1 hiilidioksidiarvo



Kuva 24. Huoneiden hiilidioksidiarvojen vertailu

”Näytä grafiikka” -kohdassa käyttäjä voi tarkastella haluttua arvoa reaaliajassa (Kuva 25). Tällöin valitaan aika kuinka pitkään trendiä piirretään, sekä määritellään y-akselille ylä- ja ala-arvot. Grafiikkanäytössä OK-painike nollaa grafiikan ja plus- ja miinuspainikkeilla voi siirtää x-akselin suuntaista katkoviivaa tarkempaa tarkastelua varten. ”Listamuoto” sen sijaan näyttää tallennetut pisteet listamuodossa.



Kuva 25. Paineenvaihtelu tulokanavassa

6.4 Hälytysten kuittaus

Jos järjestelmässä aiheutuu hälytys, käyttöpääte antaa siitä ilmoituksen niin äänimerkillä kuin vilkkuvalla valolla paneelin oikeassa yläkulmassa. Lisäksi hälytyksestä aukeaa ponnahdusikkuna päätteen näytölle. Hälytyksen kuittaminen onnistuu valitsemalla hälytysikkunasta kohta ”Hälytyslista”, jolloin pääsee tarkastelemaan kaikkia aiheutuneita hälytyksiä. Lista löytyy myös ”Hälytykset & toiminnot” -valikosta. Valitaan haluttu hälytys ja painetaan avautuvassa ikkunassa kuittauspainiketta. Ikkunasta voi myös tarkastella lisätietoa hälytyksestä. Lämmittimen ylikuumenemishälytys vaatii kuittauksen lisäksi palautuksen, joka tapahtuu samassa ikkunassa kuittauksen jälkeen. Painehälytys taas poistuu itsestään ilman kuittausta, mutta siitä jää merkintä hälytyslistaan. Listasta näkee myös järjestelmän ylläpitoon liittyvät hälytykset, esimerkiksi muistutuksen pariston vaihdosta.

Käyttöpääteestä löytyy myös paljon muita toimintoja, jotka eivät kuuluneet tämän opinnäytetyön piiriin. Näitä toimintoja voidaan ottaa käyttöön tulevaisuudessa esimerkiksi laboratorioharjoituksissa tai järjestelmää kehittävässä opinnäytetöissä.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää Siemensin kiinteistöautomaatiojärjestelmän käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet, sekä luoda logiikkaohjelma ohjaamaan opiskelijatyönä toteutetun harjoitusmallin toimintaa. Opinnäytetyö oli verrattain haastava, koska kyseinen järjestelmä oli uusi niin Satakunnan ammattikorkeakoulun henkilökunnalle kuin minulle itsellenikin, joten työn edetessä jouduttiin opettelemaan paljon uutta. Työ oli myös erittäin mielenkiintoinen, koska kiinteistöautomaatio on kasvava teollisuuden ala, jonka järjestelmät ovat varsin tuoreita ja jatkuvasti kehittyviä, joten uskon, että opituista asioista on minulle hyötyä tulevaisuudessa.

Koska mielenkiinto ja motivaatio työn tekemiseen säilyivät koko ajan, se eteni varsin nopeasti. Aloittaminen oli työn vaikein osa, koska selvitettäviä asioita ja uuden opet-

telua tuntui olevan todella paljon. Onneksi käytössä oli varsin kattava määrä oheismateriaalia, joten ongelmatilanteisiin löytyi lähes aina ratkaisu. Myös työn ohjaaja ja tilaajaopettaja auttoivat parhaansa mukaan ja antoivat hyödyllisiä vinkkejä työhön liittyen.

Logiikkaohjelmassa hyödynnettiin paljon PID-säätölohkoja, jotka sisältävät monipuolisia säätömahdollisuuksia toimilaitteiden ohjaukseen. Toimilohkojen säätöarvot määritettiin pitämään järjestelmän toiminta nopeana ja vakaana mahdollisimman hyvin. Silti näitä arvoja on tulevaisuudessa mahdollista hioa tarkemmiksi, esimerkiksi erilaisia PID-säätöarvojen simulointiohjelmia käyttämällä. Käytettyyn ohjelmistoon sisältyy myös InSight-niminen, valvomosovelluksien toteuttamiseen tarkoitettu ohjelma, jolla on mahdollista kehittää valvomosovellus tälle järjestelmälle tulevaisuudessa.

Koska kyseessä on liikuteltavissa oleva harjoitusmalli, sen ilmanvaihtokanavia ei voida asentaa, kuten oikeassa ilmanvaihtojärjestelmässä, jossa tulo- ja poistoilma-kanavat käyttävät kierrätettävänä ilmaa ulkoilmaa. Tämän seurauksena järjestelmä ei käyttäydy, kuten oikea ilmanvaihtojärjestelmä, joten logiikkaohjelmaankin jouduttiin tekemään kompromisseja. Todellisessa järjestelmässä logiikkaohjelma tarkkailisi myös ulkoilman lämpötilaa ja säätäisi toimilaitteiden toimintaa sen mukaan. Tässä työssä toteutetussa logiikkaohjelmassa oletetaan, että ulkoilma on aina viileämpää kuin sisäilma. Kuitenkin harjoitusmallissa käytetään oikeita antureita ja toimilaitteita, sekä kanavointi on uloskytkentöjä lukuun ottamatta todellista vastaava. Harjoitusmallista saa erittäin hyvän kuvan mahdollisesta kahden huoneen ilmanvaihtojärjestelmästä, ja se on paljon havainnollisempi tapa kiinteistöautomaatiojärjestelmien opiskeluun, kuin pelkkä toimintojen simuloiminen.

Toteutettu logiikkaohjelma on vain yksi monista mahdollisista toteutustavoista. Tulevaisuudessa ohjelmaa voisi yrittää yksinkertaistaa, järjestelmän nopeutta ja stabiiliisuutta parantaa, sekä huoneiden ilmanvaihtokanavien toimintaa itsenäistää entisestään. Opinnäytetyön pohjalta on tarkoitus kehittää erilaisia harjoitustöitä ja laboratorioharjoituksia tulevaisuuden opiskelijoille, esimerkiksi tässä raportissa mainittujen asioiden parantamiseksi.

LÄHTEET

SIEMENS. n.d. DESIGO XWORKS Plus User Guide.

Desigo PX PXM20 / PXM20-E operator unit User's guide. 2014. Siemens. Viitattu 10.11.2014. http://www.buildingtechnologies.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10408410&filename=PXM20---PXM20-E-operator-unit-User-s-guide_A6V10408410_hq-en.pdf

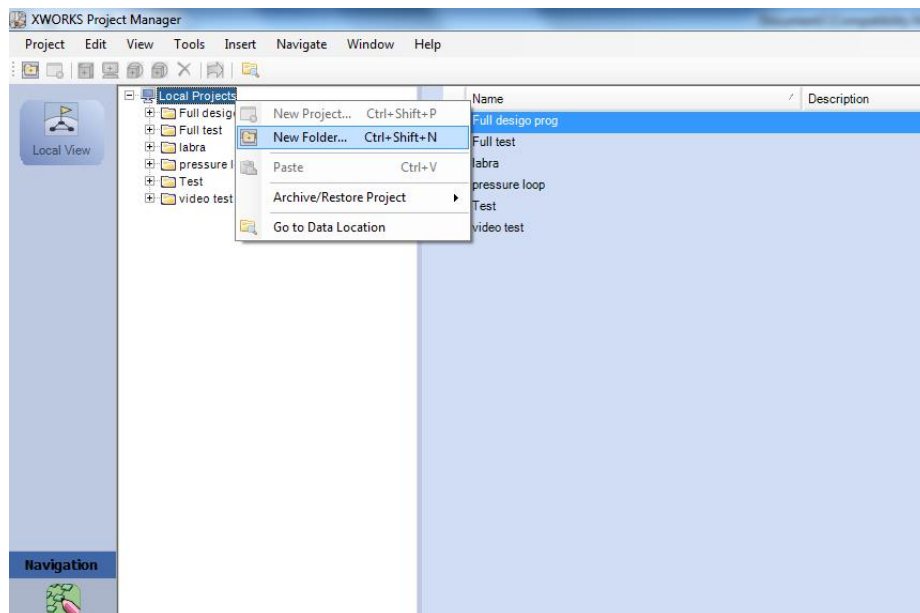
Valvira. 2014. Epäorgaaniset yhdisteet. Viitattu 19.11.2014. http://www.valvira.fi/ohjaus_ja_valvonta/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit/epaorgaaniset_yhdisteet

Systemair AB. 2012. Presence detector/IR24-P. Viitattu 20.11.2014. <http://www.systemair.com/products/singapore/fans--accessories/electrical-accessories-ventilation/sensors-and-transmitters/ir24-p/Presence-detectorIR24-P-6995-ensg.aspx>

Lindab. n.d.. IR24-P Presence detector. Esite. Viitattu 20.11.2014. <http://itsolution.lindab.com/lindabwebproductsdoc/pdf/documentation/comfort/lindab/technical/ir24-p.pdf>

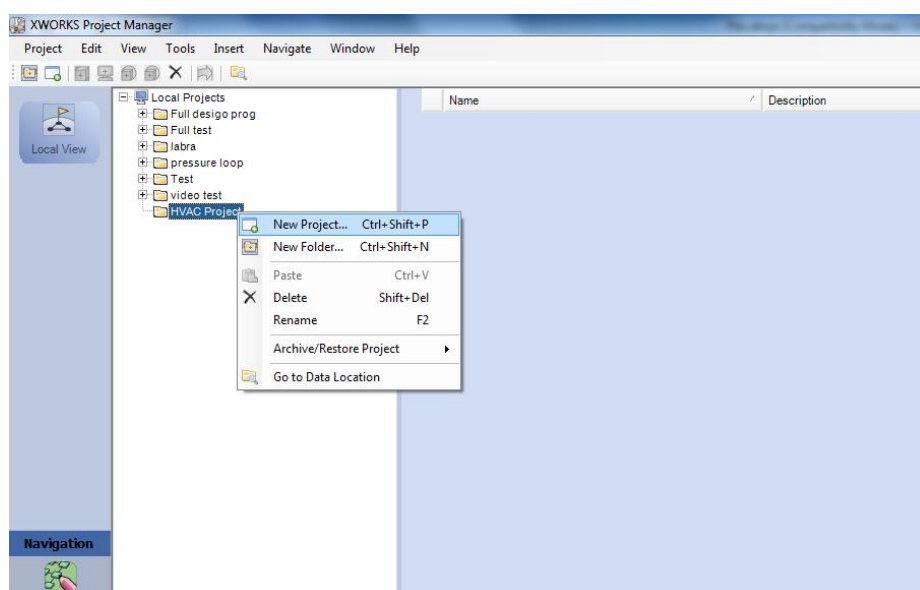
UUDEN PROJEKTIN LUOMINEN JA YHTEYDEN MÄÄRITTÄMINEN

1. Avaa XWorks Plus, paina Local Projects -tekstin päällä hiiren oikeaa painiketta ja valitse New Folder... Anna kansiolle nimi.



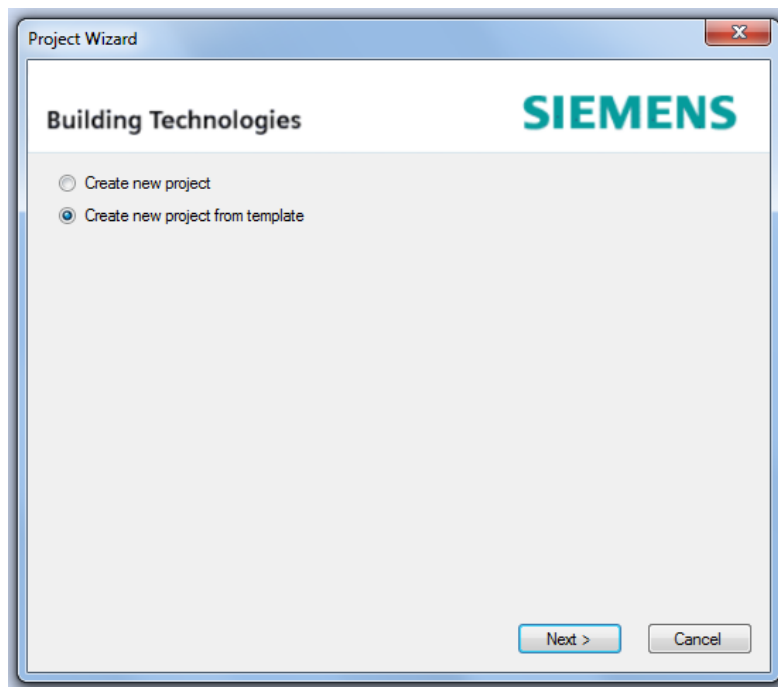
Kuva 26. Uuden kansion lisääminen

2. Paina hiiren oikeaa painiketta luodun kansion päällä ja valitse New Project...



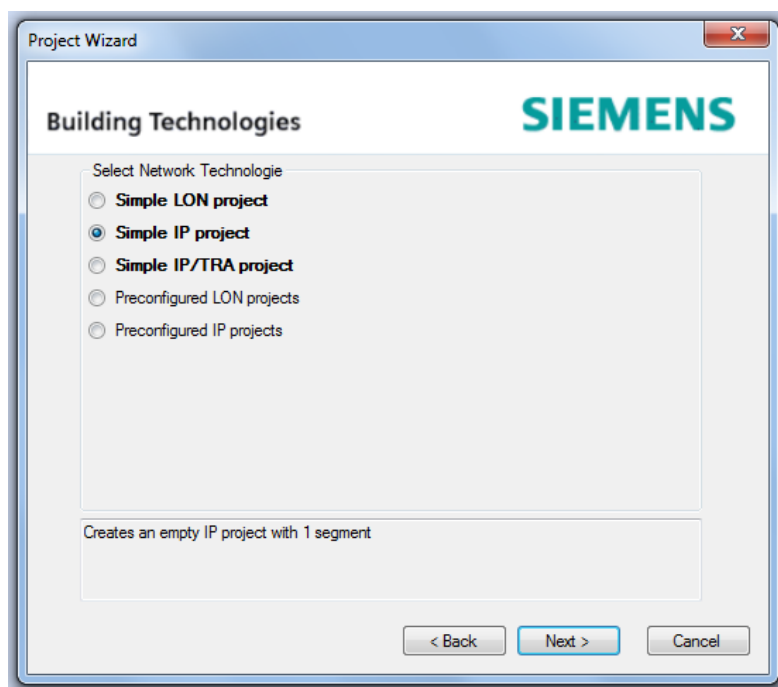
Kuva 27. Uuden projektin lisääminen

3. Valitse Create new project from template.



Kuva 28. Projektin luontivelho

4. Valitse Simple IP project, koska käytämme Ethernet yhteyttä.



Kuva 29. PC:n ja logiikan välinen yhteys

5. Anna projektille nimi, lisää yhtiö ja valitse maa, muut kohdat voit täyttää halutessasi. Paina Next, seuraavaan vaiheeseen ei tarvitse täyttää mitään eli paina taas Next. Viimeistele projektin luominen painamalla Finish.

Project Wizard

Building Technologies **SIEMENS**

Project

Name:* HVAC project

Description: Opinnäytetyöprojekti

Manufacturer data

Company (max. 25 char.):* SAMK

Country:* Finland

Region (max. 20 char.):

☐ Save as defaults

Site

Name: Site01

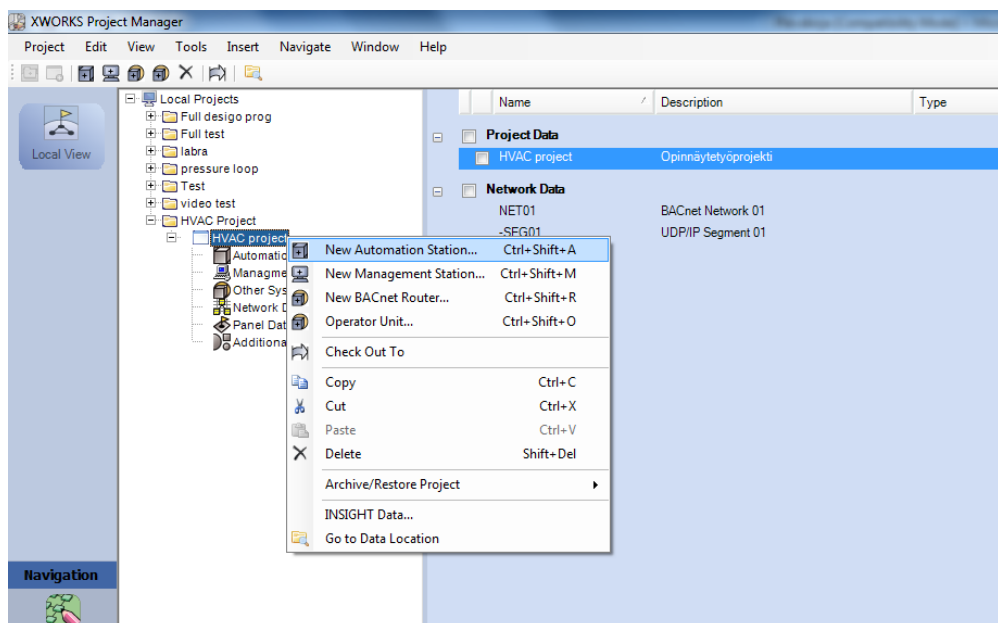
Description: Labran järjestelmä

Number: 1

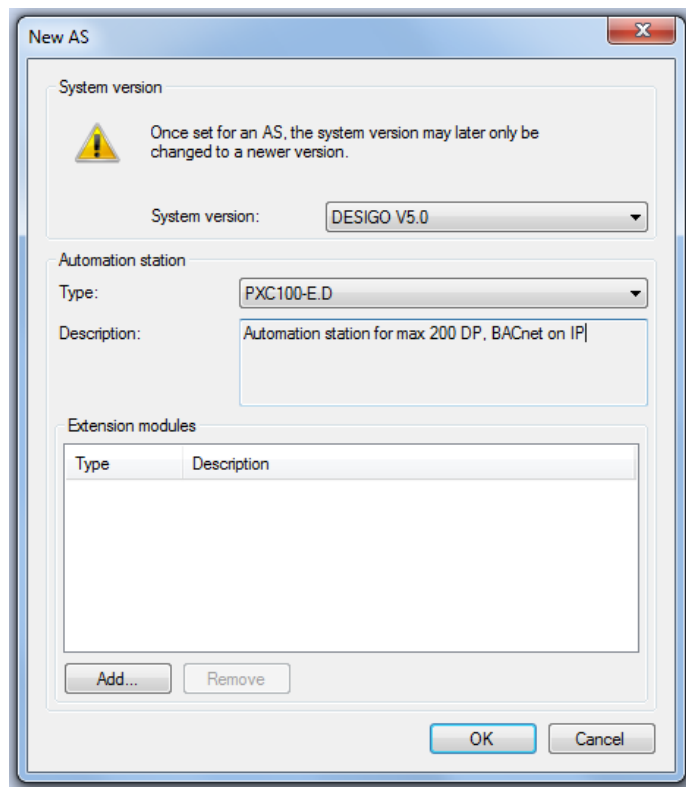
< Back Next > Cancel

Kuva 30. Projektin tietojen syöttäminen

6. Paina hiiren oikeaa painiketta luodun projektin päällä ja valitse New Automation Station, valitse aseman versio ja tyyppi listasta ja paina OK.

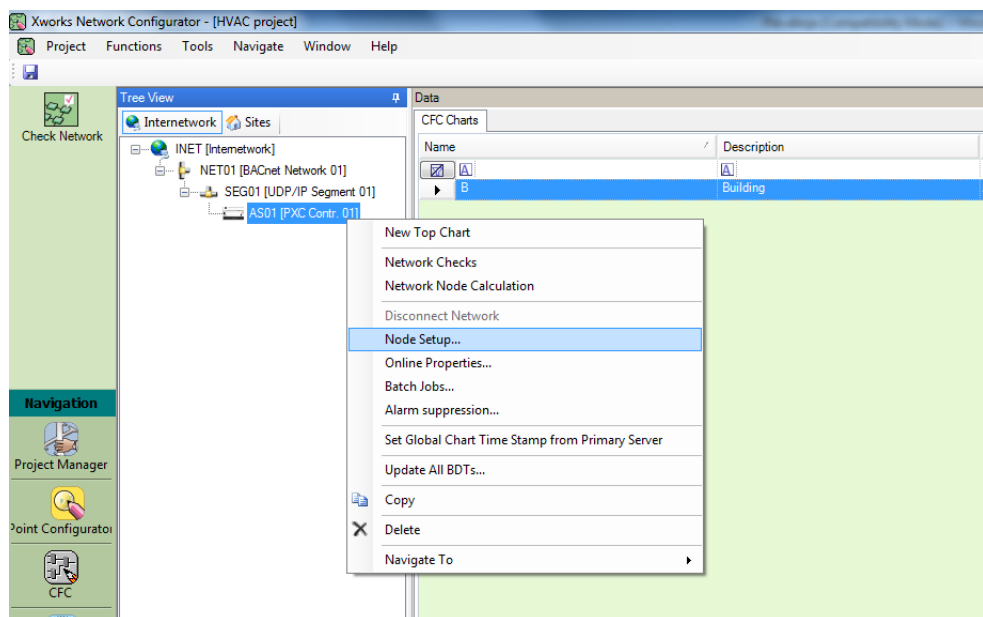


Kuva 31. Uuden automaatioaseman lisääminen



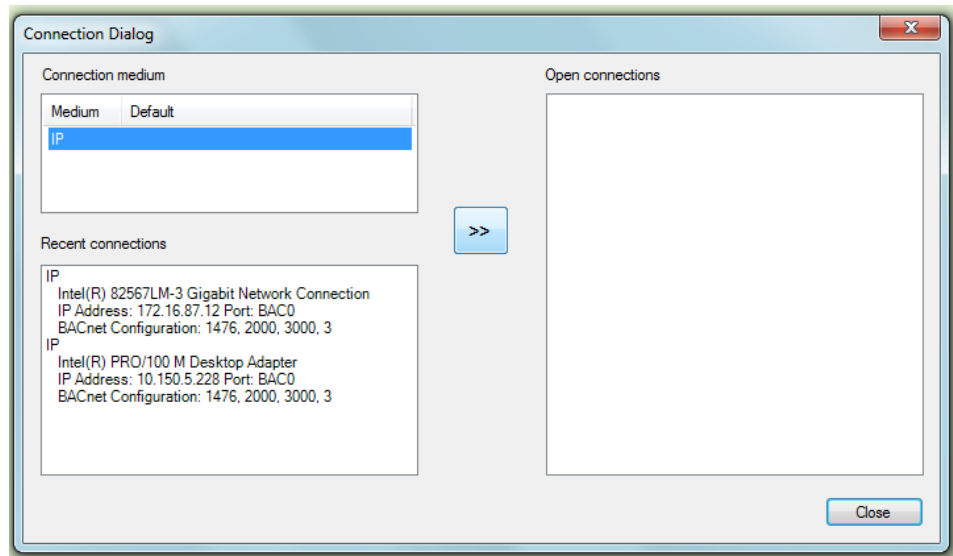
Kuva 32. Automaatioaseman konfigurointi

- Seuraavaksi konfiguroidaan Ethernet-yhteys. Valitse vasemmalta alhaalta NW Configurator (varmistaa että luomasi projekti on valittuna). Puunäkymässä klikkaa hiiren oikealla painikkeella äsken luotua asemaa (oletusnimi: AS01 [PXC Contr. 01]) ja valitse Node setup... (saattaa antaa varoituksen konfigurointiongelmista, vastaa Yes).

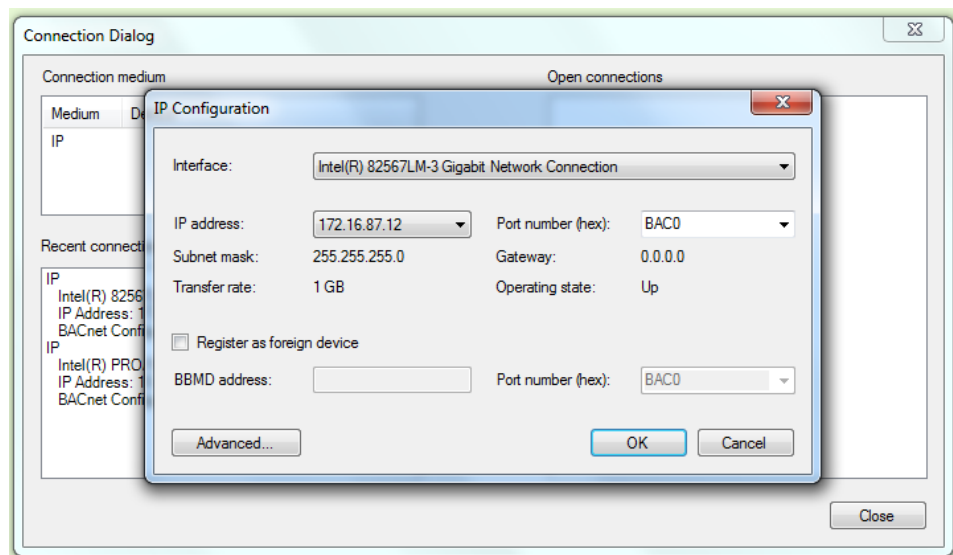


Kuva 33. Network Configurator

8. Valitse ylhäältä IP ja paina keskellä olevaa nuolta. Valitse oikea Interface eli verkkokortti (tässä tapauksessa kuvassa näkyvä) ja paina OK.



Kuva 34. Yhteyden luominen

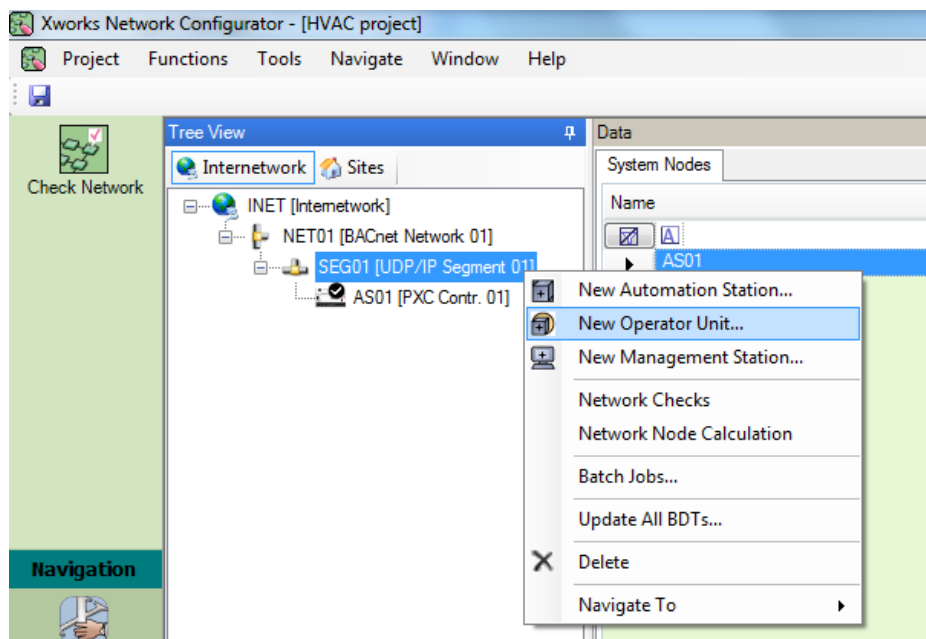


Kuva 35. Verkkokortin valinta

9. Paina aukeavan ikkunan alalaidassa olevaa search all painiketta huomataksesi, että yhteys on konfiguroitu. Voit sulkea ikkunan ja NW Configuratorin.

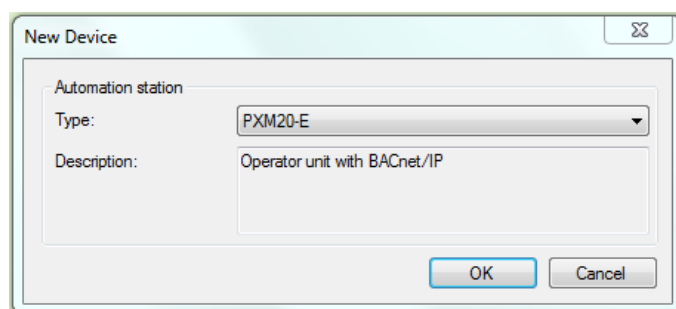
PXM20-E KÄYTTÖPÄÄTTEEN KÄYTTÖÖNOTTO

1. Kytke pääte reitittimeen Ethernet-kaapelilla
2. Navigoi XWorks Plus:n Network Configurator:iin, valitse vasemmasta puunäkymästä hiiren oikealla painikkeella SEG01 [UDP/IP Segment 01], ja avautuvasta valikosta New Operator Unit...



Kuva 36. Uuden käyttöpäätteen lisäys

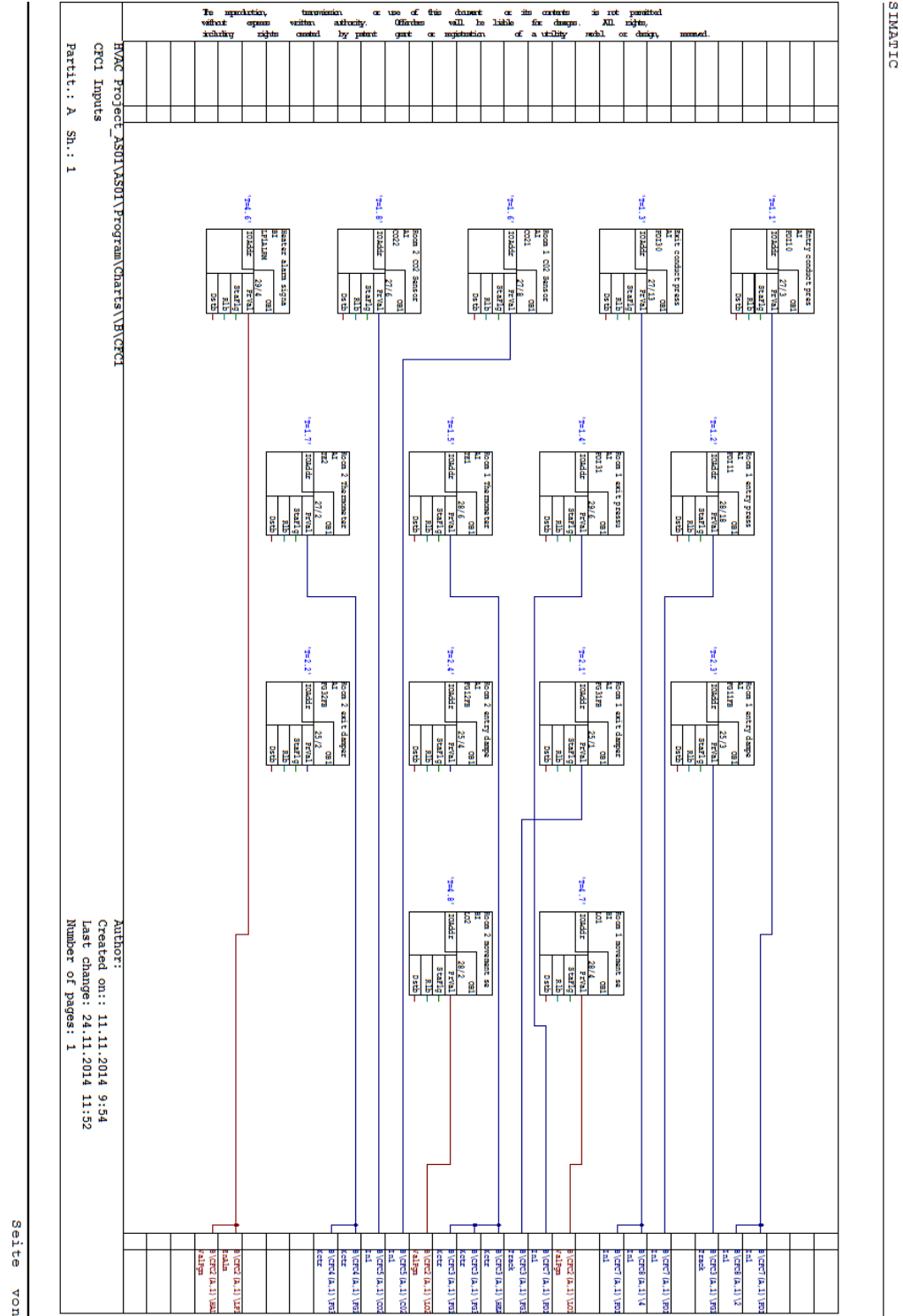
3. Avautuvassa ikkunassa valitaan laitteen tyyppi, eli tässä tapauksessa PXM20-E. Tämän jälkeen laite ilmestyy listaan nimellä FOD01, konfigurointi on valmis.



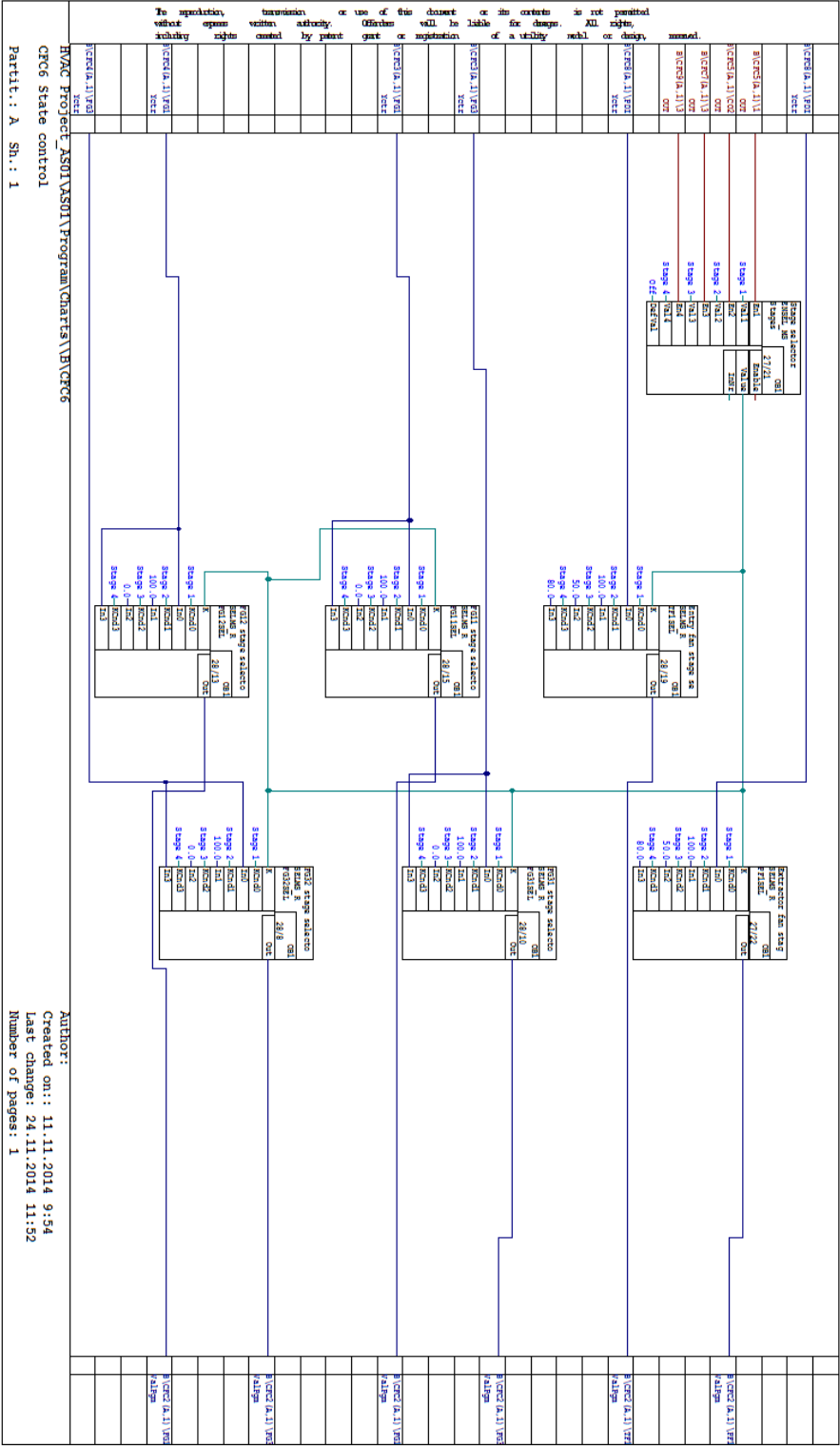
Kuva 37. Laitetyypin valinta

Huomioitavaa on, että laitteen IP on oikeasti 172.16.87.16, eikä listassa näkyvä 192.168.1.2. Käyttäjä voi vielä testata yhteyden komentorivin ping -toiminnolla.

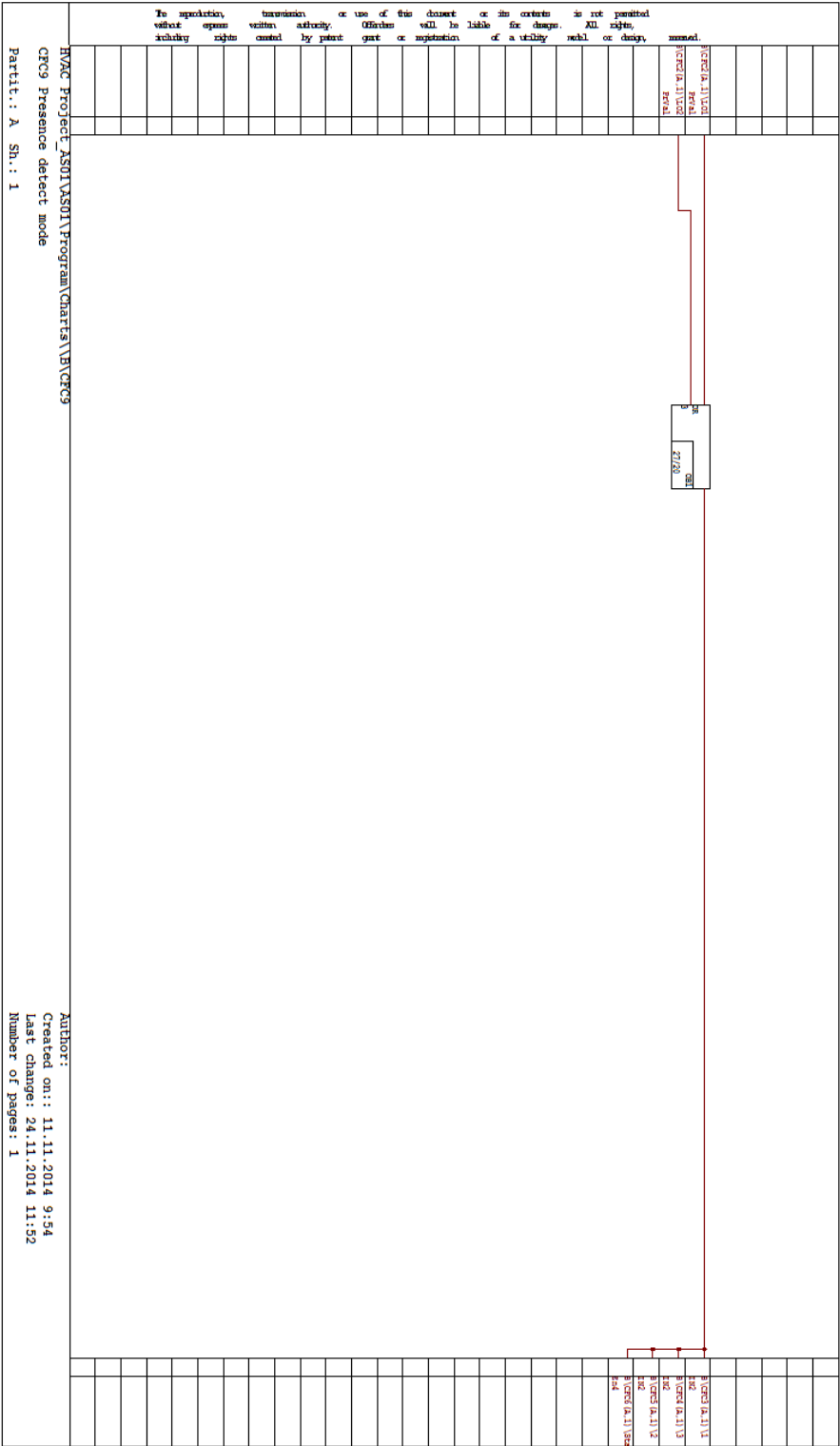
LOGIIKKAOHJELMAN KAAVIOT



Kuva 38. CFC1







Kuva 46. CFC9